



TUGAS AKHIR – RE 141581

**IMPLEMENTASI METODE KIMIAWI DAN
*BIOLOGICAL MONITORING WORKING
PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON*
(*BMWP ASPT*) DALAM ANALISIS KUALITAS
AIR SALURAN KALIBOKOR DI WILAYAH
SURABAYA**

KRISTIANDITA ARIELLA
3313100036

Dosen Pembimbing

Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RE 141581

**IMPLEMENTASI METODE KIMIAWI DAN
*BIOLOGICAL MONITORING WORKING
PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON*
(BMWP ASPT) DALAM ANALISIS KUALITAS
AIR SALURAN KALIBOKOR DI WILAYAH
SURABAYA**

KRISTIANDITA ARIELLA
3313100036

Dosen Pembimbing
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT – RE 141581

IMPLEMENTATION OF CHEMICAL METHOD AND BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON (BMWP ASPT) IN WATER QUALITY ANALYSIS KALIBOKOR DRAINAGE IN SURABAYA REGION

KRISTIANDITA ARIELLA
3313100036

Supervisor

Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE KIMIAWI DAN *BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON* (BMWP ASPT) DALAM ANALISIS KUALITAS AIR SALURAN KALIBOKOR DI WILAYAH SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
KRISTIANDITA ARIELLA
NRP. 3313 100 036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Atiek Moesriati, M.Kes
NIP. 19570602 198903 2 002



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

IMPLEMENTASI METODE KIMIAWI DAN *BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON (BMWP ASPT)* DALAM ANALISIS KUALITAS AIR SALURAN KALIBOKOR DI WILAYAH SURABAYA

Nama Mahasiswa : Kristiandita Ariella
NRP : 3313100036
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

ABSTRAK

Saluran Kalibokor sebagai salah satu saluran drainase primer yang dikategorikan sebagai badan air kelas III menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004. Realitanya di sepanjang Saluran Kalibokor banyak menerima air limbah domestik dari sekitarnya sehingga besar kemungkinan terjadi pencemaran. Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya menyatakan bahwa kualitas air di Saluran Kalibokor sudah mengalami degradasi. Degradasi kualitas air menunjukkan bahwa perlu adanya monitoring berkala di Saluran Kalibokor.

Pemantauan kualitas air secara fisik-kimiawi sungai sudah sering dilakukan namun metode biologis dengan *BMWP-ASPT* belum banyak diterapkan di Indonesia terutama di Saluran Kalibokor. Penelitian ini mengenai implementasi metode kimiawi dan *BMWP-ASPT* dalam analisis kualitas air Saluran Kalibokor. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas air secara fisik-kimia dan biologis dengan makroinvertebrata serta mengetahui korelasi antara kedua metode pemantauan kualitas air.

Penelitian ini dilakukan di 8 titik sampling yang terdiri dari 3 segmen sungai yaitu hulu, tengah, hilir. Pengambilan sampling dilakukan di sepanjang Saluran Kalibokor pada bulan Maret 2017. Sampling yang terdiri dari 2 macam sampling yaitu sampling air sungai untuk analisis dengan parameter fisik-kimia dan sampling makroinvertebrata untuk analisis dengan parameter biologis. Parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air secara fisik-kimia yaitu pH, suhu, kekeruhan, BOD, DO, amonium, dan

fosfat. Hasil analisis laboratorium kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas III berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 dan Permenkes No. 492 Tahun 2010 untuk mengetahui kondisi kelas air eksisting. Dalam penentuan tingkat pencemaran berdasarkan parameter kimiawi air digunakan LISEC Score. Sedangkan penentuan kualitas air secara biologis menggunakan indeks biotik BMWP-ASPT. Penggunaan indeks biotik ini memanfaatkan bioindikator akuatik yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi pada perubahan kualitas air. Selanjutnya hasil analisis kualitas air dengan metode LISEC Score dan BMWP-ASPT dilakukan analisis korelasi untuk menentukan keterkaitan kedua metode dalam perannya memantau kualitas air Saluran Kalibokor.

Hasil penelitian sebagian besar menunjukkan hanya parameter suhu, pH dan amonium yang memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan untuk parameter kekeruhan, DO, BOD dan fosfat tidak memenuhi baku mutu. Penentuan tingkat pencemaran berdasarkan hasil analisa LISEC Score yaitu tercemar berat. Sedangkan penentuan tingkat pencemaran dengan BMWP-ASPT yaitu tercemar sedang. Berdasarkan korelasi kedua analisa tingkat pencemaran, didapatkan hasil analisa korelasi kedua metode yaitu tidak saling berkorelasi langsung.

Kata kunci : *BMWP-ASPT*, LISEC Score, kualitas air, makroinvertebrata, Saluran Kalibokor

IMPLEMENTATION OF CHEMICAL METHOD AND BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY AVERAGE SCORE PER TAXON (BMWP ASPT) IN WATER QUALITY ANALYSIS KALIBOKOR DRAINAGE IN SURABAYA REGION

Name : Kristiandita Ariella
Register Number : 3313100036
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

ABSTRACT

The Kalibokor channel is one of the primary drainage systems in Surabaya. Its water is categorized as the water class III based on Perda Surabaya number 2 (2004). In fact, most of a domestic wastewater along the Kalibokor drainage flows into it. It causes a high possibility of water pollution to the channel. The environmental council (BLH) of Surabaya stated that the water quality level at the Kalibokor drainage has already degraded. A routine monitoring to observe a water quality degradation level along the channel is needed.

Even though the council has undertaken a physicochemical monitoring, however, the biological method using BMWP-APT has not been applied yet. In this study, therefore, we implemented the physicochemical method and BMWP-ASPT in water quality analysis at the Kalibokor drainage. Two aims of the study are first is to determine water quality based on physicochemical and biological methods using macroinvertebrate. Second is to find out the correlation between these two approaches when they are applied to observe water quality.

Our methodology is as follows: eight sampling points come from three river segments that are headwater, middle and downstream, were analysed in March 2017. It included of two sampling methods that are water sampling for physicochemical analysis and macro invertebrate sampling for biological analysis. In physicochemical analysis pH, temperature, turbidity, BOD, DO, ammonium and phosphate parameters were applied to measure

water quality. Its result then was used to determine the water class condition after comparing to the class III water quality standard based on PP number 82 (2001) and Permenkes number 492 (2010).

Furthermore, LISEC Score is used to determine pollutant level based on water chemical parameter. Additionally, the biotic index of BMWP-ASPT was also utilised to assess water quality based on its biological parameter. In the biotic index assessment, an aquatic bioindicator which has high-level sensitivity in water quality changing applied. After that, the results of both experiments were examined by correlation analysis to determine their relationship to monitoring water quality at the Kalibokor drainage. Theoretically speaking, these two methods have a correlation, however, in our analysis, they do not show the relationship.

The result shows that only temperature, pH, and ammonium parameters fulfil the water standard class III while, the turbidity parameter, BOD, DO, and phosphate parameters do not. Moreover, based on our LISEC Score analysis, the drainage indicated that it has a heavy water pollution level while BMWP-ASPT analysis reveals that the drainage has an average standard of the water pollution.

Key words: BMWP-ASPT, LISEC Score, water quality, macroinvertebrate, Kalibokor drainage

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Implementasi Metode Kimiawi dan Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon (BMWP ASPT) Dalam Analisis Kualitas Air Saluran Kalibokor di Wilayah Surabaya”. Atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan hingga terselesaikan laporan tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E, Ph.D, Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc dan Ibu Harmin Sulistyaning Titah , ST.,MT.,Ph.D. selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Ibu dan Bapak Dosen Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah membimbing serta memberikan ilmunya.
4. Ibu dan Bapak Laboran Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah membantu dan memfasilitasi ketika di Laboratorium
5. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya.
6. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan selalu siap membantu saya.

Saya memahami bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran yang mendukung dalam menyempurnakan penulisan laporan tugas akhir sehingga menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sungai	7
2.1.1. Ekosistem Sungai	7
2.1.2. Kualitas Air Sungai	7
2.1.3. Pemantauan Kualitas Air Sungai	8
2.1.4. Analisis Statistik Sungai	9
2.1.4.1. Data Time Series	9
2.1.4.2. Dutch Score	10
2.1.4.3. LISEC Score	11
2.2. Makroinvertebrata Bentos Sebagai Indikator Kualitas Air	12
2.2.1. Definisi Makroinvertebrata	12
2.2.2. Metode Pemantauan Makroinvertebrata	13
2.2.3. Klasifikasi Makroinvertebrata	14
2.2.4. Faktor yang Mempengaruhi Keragaman Makroinvertebrata	15
2.2.4.1. Cahaya Matahari	15
2.2.4.2. Arus Aliran	16
2.2.4.3. <i>Dissolved Oxygen</i>	16
2.2.4.4. BOD	17
2.2.4.5. Suhu	17
2.2.4.6. Amonium	18
2.2.4.7. Kekeruhan	18
2.2.4.8. pH	18
2.2.4.9. Fosfat	19

2.3. Metode Biomonitoring	19
2.4. Indeks Biotik.....	21
2.5. Pemantauan Kualitas Air Secara Fisik-Kimiawi dan Biologi..	32
2.6. Penelitian Sebelumnya	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Daerah Studi	37
3.2. Kerangka Penelitian.....	37
3.3. Tahap-Tahap Penelitian.....	38
3.3.1. Ide Penelitian dan Observasi Langsung.....	38
3.3.2. Studi Literatur	45
3.3.3. Metode Sampling.....	46
3.3.4. Pengumpulan Data.....	48
3.3.5. Analisis Data dan Pembahasan	50
3.3.6. Kesimpulan dan Saran	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Data Hasil Penelitian.....	55
4.1.1. Kualitas Fisik-Kimia	55
4.1.2. Kualitas Biologis	57
4.1.3. Data Hidrolis Saluran Kalibokor	60
4.2. Hasil Analisa Kualitas Air Lokasi Sampling	61
4.2.1. Hasil Analisa Titik Sampling 1	62
4.2.2. Hasil Analisa Titik Sampling 2	65
4.2.3. Hasil Analisa Titik Sampling 3	68
4.2.4. Hasil Analisa Titik Sampling 4	70
4.2.5. Hasil Analisa Titik Sampling 5	73
4.2.6. Hasil Analisa Titik Sampling 6	76
4.2.7. Hasil Analisa Titik Sampling 7	78
4.2.8. Hasil Analisa Titik Sampling 8	80
4.3. Kualitas Air Berdasarkan Analisa LISEC Score.....	83
4.3.1 Hasil Analisa Data Penelitian Lapangan	87
4.3.2 Hasil Analisa Data Dinas Lingkungan Hidup	91
4.4. Kualitas Air Berdasarkan BMWP-ASPT	92
4.5. Analisa Statistik.....	99
4.6. Rekomendasi Pengelolaan Kualitas Air.....	104
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Data untuk Metode Dutch Score	11
Tabel 2.2 Interpretasi Dutch Score	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Data untuk Metode LISEC Score	12
Tabel 2.4 Interpretasi LISEC Score	12
Tabel 2.5 Perbedaan Indeks Biotik	21
Tabel 2.6 Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon	23
Tabel 2.7 Bentos Indeks Biotik BMWP ASPT	23
Tabel 2.8 Interpretasi Skoring Metode BMWP-ASPT	31
Tabel 2.9 Perbandingan Pemantauan Kualitas Air dengan Metode Fisik-Kimia dan Metode Biologis	33
Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya	34
Tabel 3.1 Interpretasi Kekuatan Korelasi	52
Tabel 4.1 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling I	55
Tabel 4.2 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling II	56
Tabel 4.3 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling III	56
Tabel 4.4 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling IV	57
Tabel 4.5 Data Makroinvertebrata Sampling I	57
Tabel 4.6 Data Makroinvertebrata Sampling II	58
Tabel 4.7 Data Makroinvertebrata Sampling III	59
Tabel 4.8 Data Makroinvertebrata Sampling IV	59
Tabel 4.9 Data Hidrolis Saluran Kalibokor	60
Tabel 4.10 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 1	63
Tabel 4.11 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 2	66
Tabel 4.12 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 3	69
Tabel 4.13 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 4	71
Tabel 4.14 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 5	73
Tabel 4.15 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 6	76
Tabel 4.16 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 7	79
Tabel 4.17 Data Analisis Parameter Fisik Kimia Titik 8	81
Tabel 4.18 Pengukuran Salinitas Hulu dan Hilir	84
Tabel 4.19 DO Saturasi yang dipengaruhi Salinitas dan Suhu	84
Tabel 4.20 %DO Saturasi Saluran Kalibokor	85
Tabel 4.21 Skoring LISEC Score pada setiap Parameter	86
Tabel 4.22 Interpretasi LISEC Score	86
Tabel 4.23 Hasil Analisa LISEC Score Titik 1	87
Tabel 4.24 Hasil Analisa LISEC Score Titik 2	87

Tabel 4.25 Hasil Analisa LISEC Score Titik 3	88
Tabel 4.26 Hasil Analisa LISEC Score Titik 4	88
Tabel 4.27 Hasil Analisa LISEC Score Titik 5	89
Tabel 4.28 Hasil Analisa LISEC Score Titik 6	89
Tabel 4.29 Hasil Analisa LISEC Score Titik 7	90
Tabel 4.30 Hasil Analisa LISEC Score Titik 8	91
Tabel 4.31 Data Kualitas Air Saluran Kalibokor Tahun 2016	92
Tabel 4.32 Hasil Analisa LISEC Score Tahun 2016	92
Tabel 4.33 BMWP-ASPT Yang Diusulkan Untuk Lokasi Studi (Saluran Kalibokor)	93
Tabel 4.34 Skor Terhitung Metode BMWP-ASPT	94
Tabel 4.35 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 1	94
Tabel 4.36 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 2	95
Tabel 4.37 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 3	95
Tabel 4.38 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 4	96
Tabel 4.39 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 5	96
Tabel 4.40 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 6	97
Tabel 4.41 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 7	98
Tabel 4.42 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 8	98
Tabel 4.43 Perhitungan Korelasi Titik 1	100
Tabel 4.44 Perhitungan Korelasi Titik 2	100
Tabel 4.45 Perhitungan Korelasi Titik 3	100
Tabel 4.46 Perhitungan Korelasi Titik 4	101
Tabel 4.47 Perhitungan Korelasi Titik 5	101
Tabel 4.48 Perhitungan Korelasi Titik 6	101
Tabel 4.49 Perhitungan Korelasi Titik 7	102
Tabel 4.50 Perhitungan Korelasi Titik 8	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Hulu Saluran Kalibokor	39
Gambar 3.2 Peta Tengah Saluran Kalibokor	40
Gambar 3.3 Peta Hilir Saluran Kalibokor	41
Gambar 3.4 Kerangka Penelitian	43
Gambar 4.1 Lokasi Sampling Titik 1 (Hulu Saluran Kalibokor)	63
Gambar 4.2 Lokasi Sampling Titik 2	65
Gambar 4.3 Lokasi Sampling Titik 3	68
Gambar 4.4 Lokasi Sampling Titik 4	71
Gambar 4.5 Lokasi Sampling Titik 5	74
Gambar 4.6 Lokasi Sampling Titik 6	76
Gambar 4.7 Lokasi Sampling Titik 7	78
Gambar 4.8 Lokasi Sampling Titik 8 (Hilir Saluran Kalibokor)	81

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Prosedur Analisis Laboratorium	113
LAMPIRAN B Karakteristik Makroinvertebrata.....	119
LAMPIRAN C Hasil Analisa Laboratorium	125
LAMPIRAN D Peraturan Baku Mutu Air	149
LAMPIRAN E Dokumentasi Penelitian Lapangan.....	151

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saluran Kalibokor adalah salah satu saluran drainase primer di Surabaya yang merupakan percabangan dari Sungai Kalimas. Saluran sepanjang 8,9 km ini melintasi 3 kecamatan yaitu kecamatan Mulyorejo, kecamatan Sukolilo dan kecamatan Gubeng. Pada bagian hilir Saluran Kalibokor terdapat kawasan tambak udang dan ikan di daerah Pakuwon City. Sedangkan bagian hulu hingga sebelum hilir aliran Saluran Kalibokor didominasi oleh kawasan pemukiman penduduk. Adanya kawasan pemukiman penduduk di tepi Saluran Kalibokor mempengaruhi kualitas air Kalibokor dikarenakan banyak penduduk sekitar membuang limbah domestik dan sampah langsung ke Saluran Kalibokor. Selain kawasan pemukiman terdapat kawasan pendidikan, komersial dan rumah sakit namun tidak menghasilkan limbah sebanyak kawasan pemukiman penduduk (Badan Lingkungan Hidup, 2017). Adanya berbagai macam sumber pencemar yang masuk ke Saluran Kalibokor ini akan berdampak pada organisme yang tinggal di dalamnya (Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan, 2009).

Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 (2004) dicantumkan bahwa Saluran Kalibokor termasuk pada kategori badan air kelas III. Namun Badan Lingkungan Hidup (2017) Kota Surabaya menyatakan bahwa kualitas air di Saluran Kalibokor sudah mengalami degradasi. Degradasi ini akan menimbulkan biomassa yang kemudian akan terjadi pendangkalan. Hal ini tentu menimbulkan masalah yang cukup besar bagi Saluran Kalibokor tersebut. Salah satu cara mencegah degradasi kualitas air di Saluran Kalibokor adalah dengan melakukan pemantauan kualitas air. Pemantauan kualitas air bertujuan untuk mendeteksi parameter apa saja yang belum memenuhi standar baku mutu air kelas III.

Pemantauan dan pemeriksaan kualitas air yang sering dilakukan pada sungai adalah secara fisik, kimia dan biologis. Namun metode pemantauan kualitas air sungai secara biologis dengan makroinvertebrata belum pernah dilakukan. Pemantauan kualitas air sungai secara kimiawi dapat diukur dengan parameter

kualitas air limbah. Pengukuran kualitas air sungai secara kimia dilakukan dengan menganalisis nilai pH, kadar DO, BOD, PO_4 dan NH_4^+ . Pemantauan ini digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran di dalam air sungai yang dapat mempengaruhi kehidupan organisme di dalamnya (Unggul, 2006). Sedangkan untuk pengukuran kualitas air secara fisik dilakukan dengan memperhatikan warna, kekeruhan dan suhu air sungai.

Salah satu pemantauan kualitas air dengan metode biologi dapat menggunakan metode biomonitoring. Metode biomonitoring memanfaatkan keberadaan bioindikator sebagai penunjuk kualitas air. Bioindikator adalah kelompok organisme yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Perubahan kondisi lingkungan akan mempengaruhi kehidupan dan keberadaan organisme sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas air (Brito, 2014). Bioindikator yang digunakan adalah organisme yang tidak bertulang belakang (makroinvertebrata). Makroinvertebrata berperan penting dalam proses mineralisasi dan menjaga stabilitas substrat dasar perairan. Sehingga keberadaannya turut berperan dalam proses kimiawi yang terjadi di dalam air (Thompson dan Lowe, 2004).

Metode biomonitoring digunakan untuk penelitian karena metode ini tidak memakan banyak waktu, biaya untuk kegiatan penelitian ini tergolong rendah karena peralatan yang digunakan mudah di dapat maupun dibuat sendiri serta proses pengambilan sampel yang tidak memerlukan keahlian khusus sehingga masyarakat umum dapat ikut serta memantau kebersihan sungai dan lingkungan di sekitar sungai (Tjokrokusumo, 2006). Namun menurut Barbour (1999) dalam Hakim (2012) kekurangan dari metode biomonitoring adalah tidak dapat diketahui secara spesifik polutan yang mempengaruhi kualitas lingkungan dan hasil penelitian bersifat tahunan. Sedangkan untuk metode kimiawi memiliki kelebihan dapat diketahui polutan tertentu yang mempengaruhi kualitas badan air dan bersifat sesaat. Oleh karena itu penentuan kualitas air menggunakan makroinvertebrata dapat dijadikan alternatif metode pemantauan kualitas air untuk menanggulangi permasalahan kualitas air bersih. Ide untuk menggabungkan kedua metode pemantauan kualitas air sungai yaitu dengan metode fisik-kimiawi dan metode biomonitoring dapat menyempurnakan kekurangan dari masing-

masing metode sehingga hasil pemantauan kualitas air semakin akurat.

Pada penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Hakim (2012) yaitu Studi Kualitas Air Sungai Brantas berdasarkan Makroinvertebrata. Pengolahan data untuk metode fisik-kimiawi menggunakan Dutch Score dan LISEC Score. Sedangkan untuk metode biologis menggunakan metode *Belgian Biotic Index (BBI)*, *Extended Trent Biotic Index (ETBI)*, dan *Biological Monitoring Working Party Average Score per Taxon (BMWP-ASPT)*. Kemudian ketiga metode ini dihitung nilai korelasinya untuk mengetahui besarnya keterkaitan antar metode. Hasil penelitian yang dilakukan Hakim yaitu tidak semua metode biologis mampu dikorelasikan dengan metode fisik-kimiawi karena bergantung pada keberadaan jenis makroinvertebrata yang ada pada Sungai Brantas.

Maka dari itu tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kualitas air Saluran Kalibokor berdasarkan analisis fisik-kimia dan biologis. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan ada tidaknya korelasi antara kedua metode pemantauan kualitas air. Sehingga penelitian berupa pemantauan kualitas air ini dapat menjadi salah satu sarana mencegah tercemarnya Saluran Kalibokor.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana kualitas air Saluran Kalibokor berdasarkan analisis fisik-kimia?
2. Bagaimana kualitas air Saluran Kalibokor berdasarkan analisis makroinvertebrata sebagai bioindikator dengan metode biomonitoring menggunakan *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon*?
3. Apakah terdapat korelasi antara penentuan kualitas air berdasarkan makroinvertebrata dengan fisik-kimia Saluran Kalibokor?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yaitu :

1. Mengidentifikasi kualitas fisik-kimia air Saluran Kalibokor menggunakan metode kimiawi.
2. Mengidentifikasi kualitas biologis air Saluran Kalibokor berdasarkan makroinvertebrata yang ditemukan menggunakan metode *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon*.
3. Menentukan dan mengkaji korelasi dari kualitas air berdasarkan makroinvertebrata dengan fisik-kimia Saluran Kalibokor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan masukan kepada Pemerintah Kota Surabaya mengenai informasi ilmiah bahwa pemantauan kualitas air tidak hanya melalui metode fisik-kimiawi. Metode biomonitoring juga dapat digunakan dalam menentukan kualitas air sungai dengan memanfaatkan keanekaragaman makroinvertebrata yang terdapat di dalam sungai. Melalui penentuan kualitas air sungai dapat dibandingkan kualitas eksisting air sungai dengan standar baku mutu untuk memastikan kesesuaian peruntukannya sebagai air kelas III.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa ruang lingkup yaitu :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan dan Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
2. Lokasi penelitian dan sampling penelitian dilakukan di sepanjang Saluran Kalibokor Surabaya, mulai dari percabangan Saluran Kalibokor dengan Sungai Kalimas hingga lokasi sesudah pintu air rumah pompa Kalibokor.
3. Metode yang digunakan yaitu metode fisik-kimiawi dengan LISEC Score dan metode biomonitoring yang memanfaatkan makroinvertebrata dengan indeks biotik

Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon (BMWP ASPT).

4. Variabel – variabel penelitian antara lain :
 - a. Titik sampling
 - b. Analisis fisik (suhu dan kekeruhan)
 - c. Analisis kimia (pH, DO, BOD, PO_4 dan NH_4^+)
 - d. Hewan makroinvertebrata yang ditemukan
5. Pengambilan sampel dilakukan 4 kali pada bulan Maret 2017 satu minggu sekali.
6. Standar baku mutu yang digunakan untuk menentukan kualitas air sungai mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

2.1.1 Ekosistem Sungai

Air sungai memiliki peran yang sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup terutama sebagai penyokong segala aspek kehidupan manusia. Sungai memiliki sifat dinamis, maka dalam pemanfaatannya sehari-hari dapat berpotensi mengurangi nilai manfaat dari sungai itu sendiri termasuk dampak lainnya yang dapat membahayakan lingkungan (Maruru, 2012). Lingkungan perairan sungai terdiri dari komponen abiotik dan biotik yang saling berinteraksi satu sama lain melalui aliran energi dan siklus ekologis. Bila interaksi kedua komponen ini terganggu maka akan terjadi perubahan kondisi ekosistem perairan menjadi tidak seimbang (Feriaita, 2008).

2.1.2 Kualitas Air Sungai

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu. Metoda yang biasa digunakan yaitu metoda fisik, kimia dan biologis. Mutu air permukaan dapat ditentukan dengan menggunakan kombinasi parameter fisik, kimia dan biologis. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di definisikan sebagai upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya dan pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Parameter yang berperan pada penentuan mutu air antara lain suhu, kekeruhan air dan padatan dalam air sebagai faktor fisik. Faktor kimiawi yang berperan pada pengelolaan kualitas air sungai antara lain yaitu pH air, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), fosfat dan amonium dalam air.

Menurut Verheyen (1990 dalam Pararaja 2008), pengukuran menggunakan parameter fisik-kimia hanya

memberikan kualitas lingkungan sesaat. Sedangkan parameter biologis dapat digunakan untuk memantau kualitas air secara kontinyu. Hal ini dikarenakan komunitas biota perairan menghabiskan seluruh hidupnya di lingkungan tersebut, sehingga bila terjadi pencemaran akan bersifat akumulasi atau penimbunan polutan pencemar (Pararaja, 2008).

Penimbunan polutan pencemar ini berawal dari adanya perubahan tata guna lahan yang ditandai dengan peningkatan aktivitas domestik, pertanian dan industri yang dapat berdampak terhadap penurunan kondisi kualitas air sungai. Salah satu kegiatan manusia yang menunjang perubahan kualitas air sungai yaitu aktivitas domestik karena limbah domestik memberikan masukan konsentrasi BOD terbesar ke badan air (Priyambada *et al.*, 2008).

2.1.3 Pemantauan Kualitas Air Sungai

Kriteria kualitas air dapat didefinisikan sebagai batas konsentrasi atau intensitas dari kualitas air yang ditentukan berdasarkan peruntukan penggunaannya. Sedangkan standar kualitas air didefinisikan sebagai peraturan mengenai batas konsentrasi atau intensitas parameter kualitas air dan dikeluarkan oleh pihak yang berwenang dengan tujuan untuk perlindungan atau penyediaan sumber daya air bagi berbagai macam penggunaan. Menurut PP 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Pasal 8) klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yakni:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air bakti air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air

untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pembagian klasifikasi kualitas air tersebut memiliki standar untuk setiap parameter yang berbeda-beda. Standar baku mutu dapat dilihat pada Lampiran D.

Tinjauan kualitas air mencakup beberapa kelompok parameter, yaitu parameter fisika, kimia, bakteriologi, dan parameter radioaktif.

2.1.4 Analisis Statistik Sungai

Hasil pemantauan kualitas air secara fisik-kimiawi selain dicocokkan pada tabel ketentuan tiap parameter sesuai peruntukan kelas badan air pada Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 dapat dilakukan pengolahan data secara statistik. Analisis data statistik untuk kualitas air sungai dapat dilakukan jika didukung dengan adanya data *time series*. Selanjutnya data *time series* ini dapat digunakan untuk analisis parameter kimiawi kualitas air dengan metode Dutch Score dan metode LISEC Score.

2.1.4.1 Data Time Series

Dalam proses pemantauan kualitas air pada daerah aliran sungai diperlukan pengujian secara berkala untuk mengetahui kualitas air dalam kurun waktu tertentu. Maka dari itu dibutuhkan data *time series*. Data *time series* adalah data yang terdiri dari satu objek namun dilakukan pengulangan dalam beberapa waktu periode, seperti harian, bulanan, triwulanan, dan tahunan. Data ini nantinya akan diamati trend atau pola perubahannya dari tahun ke tahun (berurutan), sehingga data ini dikatakan sebagai data historis atau runtun waktu. Pola perubahan atau trend pada waktu-waktu lampau tersebut akan

dapat digunakan untuk mengestimasi pola perubahan pada tahun-tahun atau waktu mendatang (Gujarati, 2003).

Menurut *Australian Bureau of Statistic* (2013) data *time series* terdiri dari beberapa macam yaitu antara lain :

- a. *Original Time Series* : menunjukkan tren data dari waktu ke waktu. *Original time series* digunakan pada kondisi data yang dibuat karena peristiwa siklus, musiman dan tidak teratur.
- b. *Cyclical Effect* : Fluktuasi data dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.
- c. *Seasonal Effect* : variasi dalam data karena efek kalender terkait yang terjadi secara sistematis pada frekuensi musiman tertentu setiap tahun. Misalnya peningkatan kerja selama periode Natal / Tahun Baru di Negara empat musim, atau peningkatan harga buah dan sayuran dapat bervariasi tergantung pada musim panen.
- d. *Irregular Effect* : pergerakan data terjadi pada titik tertentu dalam kurun waktu tertentu, tetapi tidak berhubungan dengan musim atau siklus. Misalnya, bencana alam, pengenalan undang-undang, atau satu momen penting acara budaya atau olahraga besar.
- e. *Seasonally Adjusted Series* : data yang melibatkan metode perkiraan dan mengabaikan efek siklus dan musiman dari data asli. Efek musiman akan berguna jika Anda ingin memahami pola yang mendasari perubahan atau gerakan dalam suatu populasi, tanpa dampak dari efek musiman atau siklus.

2.1.4.2 Dutch Score

Analisis kualitas air parameter kimiawi dengan metode Dutch Score sering digunakan untuk menginterpretasikan kualitas air melalui analisis statistik dengan skoring. Metode ini menggunakan beberapa parameter meliputi; BOD, DO, dan amonium. Pada metode ini parameter oksigen terlarut yang digunakan yaitu oksigen terlarut saturasi atau yang dinyatakan dalam persentase DO saturasi. DO saturasi ini dipengaruhi oleh

suhu maupun kekeruhan serta kadar salinitas air. Interpretasi Dutch Score dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Data untuk Metode Dutch Score

Skor	%DO Saturasi	BOD (mg/l)	Amonium (mg/l)
1	91-110	<3	<0,5
2	71-90; 111-120	3,1-6,0	0,5-1,0
3	51-70; 121-130	6,1-9,0	1,1-2,0
4	31-50; 131-150	9,1-15,0	2,1-5,0
5	<30,>50	>15	<5,0

Sumber : Trihadingrum (1995 dalam Hakim 2012)

Dengan indeks Dutch Score kemudian dihitung dengan persamaan :

$$\text{Indeks Dutch Score} = \sum q_i$$

Dimana q_i adalah nilai hasil skoring tiap parameter. Hasil perhitungan indeks Dutch Score kemudian diinterpretasikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Interpretasi Dutch Score

Kelas	Skor	Kualitas Air
I	3,0 – 4,5	Sangat Tidak Tercemar
II	4,6 – 7,5	Tidak Tercemar
III	7,6 – 10,5	Tercemar Ringan
IV	10,6 – 13,5	Tercemar Sedang
V	13,6 – 15,0	Sangat Tercemar

Sumber : Trihadingrum (1995 dalam Hakim 2012)

2.1.4.3 LISEC Score

Analisis kualitas air dengan metode LISEC Score diadaptasi dari penelitian Trihadiningrum (1995) yang mengaitkan parameter kimiawi dan biologis untuk penentuan kualitas air. Metode LISEC Score adalah modifikasi metode Dutch Score. Parameter yang digunakan tidak jauh berbeda dengan metode Dutch Score yaitu BOD, DO saturasi dan amonium. Perbedaan metode LISEC Score dengan Dutch Score terletak pada

penambahan parameter yang digunakan dalam analisis data yaitu kadar fosfat dalam air. Interpretasi LISEC Score dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Data untuk Metode LISEC Score

Skor	%DO Saturasi	BOD (mg/l)	Amonium (mg/l)	Fosfat (mg/l)
1	91-110	<3	<0,5	<0,05
2	71-90; 111-120	3,1-6,0	0,5-1,0	0,05-0,25
3	51-70; 121-130	6,1-9,0	1,1-2,0	0,25-0,90
4	31-50; 131-150	9,1-15,0	2,1-5,0	0,90-1,5
5	<30,>150	>15	<5,0	>1,5

Sumber : Trihadingrum (1995 dalam Hakim 2012)

Dengan indeks kimia LISEC kemudian dihitung dengan persamaan :

$$\text{Indeks LISEC} = \sum q_i$$

Dimana q_i adalah nilai hasil skoring tiap parameter. Hasil perhitungan indeks LISEC kemudian diinterpretasikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Interpretasi LISEC Score

Kelas	Skor	Kualitas Air
I	4-6	Sangat Tidak Tercemar
II	6-10	Tidak Tercemar
III	10-14	Tercemar Ringan
IV	14-18	Tercemar Sedang
V	18-20	Sangat Tercemar

Sumber : Trihadingrum (1995 dalam Hakim 2012)

2.2 Makroinvertebrata Bentos Sebagai Indikator Kualitas Air

2.2.1 Definisi Makroinvertebrata

Makroinvertebrata adalah kelompok hewan tidak bertulang belakang yang bisa dilihat dengan mata biasa (lebar

tubuh >0.5 cm) seperti serangga, cacing, kepiting, siput, kerang. Toleransi (daya tahan) makroinvertebrata bentos terhadap pencemaran air sungai cukup bervariasi. Hewan yang tahan dan hidup pada kondisi air tercemar bisa dipakai sebagai indikator polusi atau penunjuk pencemaran air sungai. Makroinvertebrata air terdiri dari larva Plecoptera (*stonefly*), larva Trichoptera (kutu air), larva Ephemeroptera (kumbang perahu), Platyhelminthes (cacing pipih), larva Odonata (capung), Crustacea (udang-udangan), Mollusca (siput dan kerang) larva Hemiptera (kepik), Coleoptera (kumbang air), hirudinea (lintah), Oligochaeta (cacing), dan larva Diptera (nyamuk, lalat) (Simamora, 2009).

2.2.2 Metode Pemantauan Makroinvertebrata

Dalam pemantauan kualitas air secara biologis, terutama terhadap cemaran organik, makroinvertebrata air merupakan kelompok organisme yang dianggap paling mendekati persyaratan serta paling banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas suatu perairan. Keragaman spesies makroinvertebrata bentos telah terbukti lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan dibanding biota perairan lainnya. Di daerah sub tropik penggunaan kelompok hewan ini telah lebih dari setengah abad yang lalu. Makroinvertebrata bentik lebih banyak dipakai dalam pemantauan kualitas air karena memenuhi beberapa kriteria dibawah ini :

1. Sifat hidupnya yang relatif menetap/tidak berpindah - pindah, meskipun kualitas air tidak mengalami perubahan.
2. Dapat dijumpai pada beberapa zona habitat akuatik, dengan berbagai kondisi kualitas air.
3. Masa hidupnya cukup lama, sehingga keberadaannya memungkinkan untuk merekam kualitas lingkungan di sekitarnya.
4. Terdiri atas beberapa jenis yang memberi respon berbeda terhadap kualitas air.
5. Relatif lebih mudah untuk dikenali dibandingkan dengan jenis mikroorganisme.

6. Mudah dalam pengumpulan/pengambilannya, karena hanya dibutuhkan alat yang sederhana yang dapat dibuat sendiri.

Makroinvertebrata ini menempati beberapa daerah yang dipengaruhi oleh cahaya matahari. Sehingga beberapa jenis bioindikator sangat sensitif terhadap perubahan. Sebagai bioindikator, biota makroinvertebrata dapat memenuhi tujuan pemantauan kualitas air dikarenakan beberapa alasan yaitu :

1. Dapat memberikan petunjuk telah terjadi penurunan kualitas air
2. Dapat mengukur efektivitas tindakan penanggulangan pencemaran.
3. Dapat menunjukkan kecenderungan untuk memprediksi perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada waktu yang akan datang.

Sehingga pemantauan kualitas air sungai dapat dilakukan dengan melakukan pemantauan pada satwa-satwa yang ada disungai (Rahayu, et.al, 2009).

2.2.3 Klasifikasi Makroinvertebrata

Klasifikasi makroinvertebrata sering digunakan sebagai penentu kualitas air sungai. Kelompok ini lebih dikenal dengan bentos. Klasifikasi bentos bergantung pada habitat, adaptasi, kebiasaan hidup, ketersediaan nutrisi, pengaruh perubahan lingkungan tempat tinggal dan kepekaan terhadap tingkat pencemaran (Sholich, 2006).

Distribusi dan keanekaragaman makroinvertebrata dapat menunjukkan kualitas perairan sungai (Fachrul, 2007). Jenis makroinvertebrata yang berada di dalam sungai tergantung seberapa besar tingkat pencemar yang terkandung didalamnya sehingga berpengaruh keberadaannya.

Menurut Ravera (1979) dalam Fachrul (2007), makroinvertebrata berdasarkan kepekaannya terhadap pencemaran karena bahan organik, yaitu kelompok intoleran, fakultatif dan toleran. Organisme tersebut tidak peka terhadap berbagai tekanan lingkungan dan kelimpahannya dapat bertambah di perairan yang tercemar oleh bahan organik. Jumlah

organisme intoleran, fakultatif dan toleran dapat menunjukkan derajat pencemaran.

1. Organisme intoleran memiliki kisaran toleransi yang sempit terhadap pencemaran dan tidak tahan terhadap tekanan lingkungan, sehingga hanya hidup dan berkembang di perairan yang belum atau sedikit tercemar.
2. Organisme toleran mempunyai daya toleran yang lebar, sehingga dapat berkembang mencapai kepadatan tertinggi dalam perairan yang tercemar berat.
3. Organisme fakultatif dapat bertahan hidup terhadap lingkungan yang agak lebar, antara perairan yang belum tercemar sampai dengan tercemar sedang dan masih dapat hidup pada perairan yang tercemar berat.

2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Keragaman Makroinvertebrata

Keberadaan makroinvertebrata sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, biotik, dan abiotik. Banyaknya sinar matahari yang masuk ke dalam air dan kedalaman air di suatu perairan mempengaruhi jenis dan jumlah makroinvertebrata (Simamora, 2009). Makroinvertebrata banyak ditemukan di seluruh badan sungai mulai dari hulu sampai hilir. Dengan keberadaan makroinvertebrata yang hidupnya menetap lama di dalam air, makroinvertebrata menjadi acuan perubahan lingkungan dari waktu ke waktu dan penunjuk penentuan kualitas air sungai. Faktor lingkungan abiotik yang mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata seperti cahaya matahari, arus aliran, oksigen terlarut, BOD, pH, suhu, amonium, fosfat dan kekeruhan.

2.2.4.1 Cahaya Matahari

Cahaya matahari sebagai sumber panas utama di perairan, karena cahaya matahari yang diserap oleh badan air akan menghasilkan panas di perairan. Maka keberadaan beberapa makroinvertebrata dipengaruhi oleh penetrasi cahaya matahari (Yusuf, 2008).

Menurut Barus (2004) faktor cahaya matahari yang masuk kedalam air akan mempengaruhi sifat-sifat optis dari air. Sebagian cahaya matahari tersebut akan diabsorpsi dan sebagian lagi akan dipantulkan keluar dari permukaan air. Dengan bertambahnya lapisan air intensitas cahaya tersebut akan mengalami perubahan yang signifikan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

2.2.4.2 Arus aliran

Arus aliran sungai berpengaruh terhadap makroinvertebrata yang hidup di dasar sungai karena dapat mengendalikan keberadaan jenis makroinvertebrata. Kecepatan arus yang besar dapat menghilangkan keberadaan makroinvertebrata dari habitatnya sehingga hanya makroinvertebrata tertentu yang dapat tinggal dan bertahan dalam arus aliran yang kuat (Unggul, 2006).

2.2.4.3 Dissolved Oxygen

Oksigen diperlukan oleh organisme akuatik seperti udang, kerang, dan hewan lainnya termasuk mikroorganisme bakteri (Izzudin, 2004).

Salinitas berpotensi mempengaruhi nilai oksigen terlarut dikarenakan Kadar oksigen dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Pada lapisan permukaan, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. Dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kadar oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik (Patty, 2013).

Satuan DO dinyatakan dalam persentase saturasi. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Salmin, 2000).

2.2.4.4 BOD

BOD (kebutuhan oksigen biologis) adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh dalam lingkungan air, pengukuran BOD didasarkan kepada kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, artinya hanya terhadap senyawa yang terdapat yang mudah diuraikan secara biologis seperti senyawa yang terdapat dalam rumah tangga. Untuk produk-produk kimiawi, seperti senyawa minyak dan buangan kimia lainnya akan sangat sulit dan bahkan tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme. Semakin tinggi nilai BOD suatu badan perairan maka semakin buruk kondisi perairan tersebut. Sebab jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik semakin banyak. Sehingga berakibat pada turunnya nilai oksigen yang terlarut. Dengan demikian kondisi air menjadi kurang oksigen sehingga plankton dan organisme air lainnya tidak dapat berkembang dengan baik sebab BOD yang tinggi mengindikasikan banyak limbah yang terdapat dalam air tersebut (Barus, 2004).

Untuk menentukan kandungan bahan organik dalam air digunakan titrasi permanganometri. Permanganometri merupakan titrasi yang dilakukan berdasarkan reaksi dengan kalium permanganat (KMnO_4). Reaksi ini difokuskan pada reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi antara KMnO_4 dengan bahan baku tertentu. Sehingga melalui angka permanganat ini dapat diketahui jumlah bahan organik dalam air. Angka permanganat ini dapat digunakan dalam perhitungan pengenceran sampel BOD sehingga jumlah bahan organik yang ada dengan oksigen yang diperlukan (BOD) memiliki nilai yang seimbang (Darwindra, 2010).

2.2.4.5 Suhu

Suhu berhubungan erat dengan kadar DO (Dissolved Oxygen) dalam air. Hal ini didukung oleh pernyataan yang menyebutkan bahwa hubungan antara suhu air dan oksigen biasanya berkorelasi negatif, yaitu kenaikan suhu di dalam air akan menurunkan tingkat solubilitas oksigen dan, dengan demikian, menurunkan kemampuan organisme akuatis dalam

memanfaatkan oksigen yang tersedia untuk berlangsungnya proses-proses biologi di dalam air (Asdak, 2010).

2.2.4.6 Amonium

Amonium merupakan bentuk unsur nitrogen yang terdapat di dalam air berasal dari pupuk yang larut, kotoran hewan, dan lain-lain. Amonium berfungsi sebagai hara atau pupuk untuk tanaman air. Kandungan yang tinggi di dalam air akan meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas tumbuhan air sehingga kandungan oksigen di dalam air semakin berkurang dan menyebabkan hewan air sulit berkembang bahkan mati (Rahayu, et.al, 2009).

2.2.4.7 Kekerusuhan

Mengukur kekeruhan berarti menghitung banyaknya bahan-bahan terlarut di dalam air misalnya lumpur, alga (ganggang), detritus dan bahan-bahan kotoran lainnya. Apabila kondisi air sungai semakin keruh, maka cahaya matahari yang masuk ke permukaan air berkurang dan mengakibatkan menurunnya proses fotosintesis oleh tumbuhan air. Dengan demikian suplai oksigen yang diberikan oleh tumbuhan dari proses fotosintesis berkurang. Bahan-bahan terlarut dalam air juga menyerap panas yang mengakibatkan suhu air meningkat, sehingga jumlah oksigen terlarut dalam air berkurang (Rahayu, et.al, 2009).

2.2.4.8 pH

Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai $\text{pH} = 7$ adalah netral, $\text{pH} < 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Organisme dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi asam lemah sampai basa lemah. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme, karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 2004).

2.2.4.9 Fosfat

Kadar fosfat dalam air digunakan sebagai salah satu parameter pendukung dalam menentukan kualitas air. Hal ini dikarenakan adanya fosfat mempengaruhi kenaikan pertumbuhan organisme seperti alga dan fitoplankton. Semakin banyak kelimpahan organisme ini di dalam air dapat menyebabkan rendahnya kandungan oksigen maupun nutrisi penting lainnya sehingga kelangsungan hidup biota akuatik dalam badan air terganggu. Sehingga keberadaan makroinvertebrata benthos di dalam air juga menurun (Risamasu *et.al*, 2011).

2.3 Metode Biomonitoring

Prediksi kualitas air pada umumnya dilakukan dengan metode fisika – kimia. Selain itu juga diperlukan metode biologi untuk mengendalikan bahan pencemar yang bersifat toksik. Salah satu metode pemantauan terhadap kualitas air adalah dengan metode *biomonitoring*. Biomonitoring adalah metode pemantauan kualitas air dengan menggunakan indikator biologis (bioindikator). Yang dimaksud dengan bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang keberadaannya atau perilakunya di alam berhubungan dengan kondisi lingkungan, apabila terjadi perubahan kualitas air maka akan berpengaruh terhadap keberadaan dan perilaku organisme tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai penunjuk kualitas lingkungan. Jenis ideal yang dapat digunakan sebagai bioindikator adalah organisme akuatik yang tidak memiliki tulang belakang (makroinvertebrata) (Li L. *et al*, 2010).

Penggunaan biomonitoring mampu merespon perubahan lingkungan dalam jangka pendek atau jangka panjang dan mampu mendeteksi adanya bahan polutan secara lebih akurat dibandingkan dengan parameter kimia. Biomonitoring dengan menggunakan bioindikator salah satunya ikan, dapat merefleksikan efek dari faktor lingkungan yang menggambarkan kualitas air yang sebenarnya selain data dari faktor lingkungan. Menurut Barbour (1999) dalam Hakim (2012) kelebihan dari metode ini adalah:

- a. Komunitas biologis mencerminkan keseluruhan integritas ekologi (yaitu kimia, fisik, dan biologis).

- b. Komunitas biologis mengintegrasikan efek stres yang berbeda.
- c. Komunitas biologis mengintegrasikan tekanan lingkungan dari waktu ke waktu.
- d. Pemantauan rutin terhadap komunitas biologis dapat relatif lebih murah.
- e. Apabila kriteria dampak lingkungan yang spesifik tidak ada komunitas biologis dapat menjadi satu-satunya cara praktis untuk evaluasi.

Sedangkan kekurangan dari metode ini adalah:

- a. Tidak dapat diketahui secara spesifik polutan yang mempengaruhi kualitas lingkungan.
- b. Faktor lain yang mempengaruhi kehidupan komunitas biologis (seperti cuaca, makanan, dan pemangsa) dapat membuat hasil analisis menjadi tidak akurat, sehingga perlu diperhatikan (Rahayu *et al.*, 2009)

Makroinvertebrata telah banyak digunakan sebagai bioindikator di banyak negara maju seperti di Eropa, Kanada dan Amerika Serikat dan termasuk dalam nasional mereka dan standar teknis pemantauan kualitas air. Di negara-negara berkembang seperti Tanzania, penggunaannya masih sangat terbatas. Selanjutnya, Tanzania lingkungan hukum, tindakan, proses regulasi dan badan tidak menekankan penggunaan makroinvertebrata air sebagai bioindikator dari kualitas air untuk mengevaluasi kualitas ekosistem perairan. Hal ini mungkin karena kurangnya sistem biomonitoring terkenal dan mapan dan indeks biotik dalam negara (Ojija *et.al*, 2016).

Di Indonesia yang juga merupakan negara berkembang, sampai saat ini, pemantauan kualitas air secara biologis belum berkembang dengan baik atau digunakan secara luas, meskipun saat ini mulai tumbuh kesadaran terhadap kondisi ekologis suatu sungai. Beberapa peneliti telah mencoba mengaplikasikan atau mengkaji pendekatan ini. Untuk memantau besarnya cemaran organik terhadap suatu perairan saat ini telah dikembangkan beberapa metode pendekatan biologis yaitu secara struktural dengan melihat kekayaan spesies dan indeks keragaman dan menggunakan indeks biotik. Indeks-indeks biotik yang telah lama dipakai misalnya Trent Biotic Index, Lothian's Index, dan Biotic

Score. Ada beberapa teknik biomonitoring berbeda yang dapat diterapkan di ekosistem sungai. Pemilihan suatu teknik yang tepat tergantung pada masalah yang sedang dihadapi dan sumber daya yang tersedia. Bioakumulasi dan toksisitas kontaminan dalam spesies indikator juga tetap merupakan komponen penting dari beberapa program pemantauan sungai (Li L. *et al*, 2010).

2.4 Indeks Biotik

Indeks biotik adalah pendekatan dalam bentuk skoring yang dibuat berdasarkan tingkat toleransi makroinvertebrata terhadap pencemaran. Penentuan tingkat pencemaran dilakukan dengan menghitung jumlah kelompok taksonomi makroinvertebrata yang memiliki skor sesuai tingkat toleransi pencemaran (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998).

Metode indeks biotik yang sering digunakan di Indonesia untuk menentukan kualitas air berdasarkan makroinvertebrata adalah indeks biotik *Extended Trent Biotic Index* (ETBI) dan *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon* (BMWP ASPT) dan Indeks Diversitas. Perbedaan antara kedua metode ini seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbedaan Indeks Biotik

ETBI	BMWP-ASPT
Hewan trichoptera, ephemeroptera, plecoptera, gammarus, asellus, tubificidae dan chironomidae	Semua hewan yang ada di ETBI ditambah dengan mollusca serta jenis cacing secara keseluruhan
Indeks biotik tidak bisa dimodifikasi	Indeks biotik lebih mudah dimodifikasi

Sumber : Li, 2010 ; Rahayu, 2009

Metode *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) telah digunakan sebagai standar nasional pemantauan kualitas air di Inggris. Metode ini digunakan sebagai pelengkap dari monitoring kualitas air berdasarkan

parameter fisik-kimianya. Cara perhitungan metode BMWP ASPT adalah sebagai berikut :

- a. Skor dihitung berdasarkan jenis taksa yang diperoleh dengan melakukan pengecekan kesesuaian hasil sampling dengan Tabel BMWP ASPT.
- b. Dijumlahkan total taksa makroinvertebrata yang ada, lalu dibagi dengan jumlah taksa.

Penentuan kualitas air dengan makroinvertebrata menggunakan *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon* dapat dilihat pada Tabel 2.6 dengan keterangan detail mengenai makroinvertebrata dapat dilihat pada Lampiran C.1.

Tabel 2.6 *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon*







Famili	Skor
Siphonuridae Heptageniidae Leptophlebiidae Ephemerellidae Potamanthidae Ephemeridae Taeniopterygidae Leuctridae Capniidae Perlodidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryaneidae Molannidae Beraidae Odontoceridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae	10
Astacidae Lestidae Agriidae Gomphidae Cordulegastridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyiidae Philopotamidae	8
Caenidae Nemouridae Rhyacophilidae Polycentropodidae Limnephilidae	7
Neritidae Viviparidae Ancylidae Hydroptilidae Unionidae Corophiidae Gammaridae Platynemididae Coenagriidae	6
Mesoveliidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Notonectidae Pleidae Corixidae Halipidae Hygrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Elmithidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae	5











Famili	Skor
Baetidae Sialidae Piscicolidae	4
Viviparidae Hydroptiidae Lymnaeidae Physidae Planorbidae Sphaeriidae Glossosomatidae Hirudidae Erpobdellidae Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta (semua kelas)	1











Sumber : Armitage et al., (1983, dalam Unggul, 2006)













Untuk memperjelas dalam proses identifikasi benthos, pada Tabel 2.7 terdapat gambar masing-masing benthos pada indeks BMWP-ASPT.











Tabel 2.7 Benthos Indeks Biotik BMWP-ASPT











Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Siphonuridae</p> 	<p>Leuctridae</p> 
<p>Heptageniidae</p> 	<p>Capniidae</p> 
<p>Leptophlebiidae</p> 	<p>Perlodidae</p> 











<p>Ephemerellidae</p> 	<p>Perlidae</p> 
<p>Potamanthidae</p> 	<p>Chloroperlidae</p> 
<p>Ephemeridae</p> 	<p>Aphelocheiridae</p> 
<p>Taeniopterygidae</p> 	<p>Phryaneidae</p> 
<p>Molannidae</p> 	<p>Beraidae</p> 











Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Odontoceridae</p> 	<p>Sericostomatidae</p> 
<p>Leptoceridae</p> 	<p>Astacidae</p> 
<p>Goeridae</p> 	<p>Lestidae</p> 
<p>Lepidostomatidae</p> 	<p>Agriidae</p> 
<p>Brachycentridae</p> 	<p>Gomphidae</p> 

Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Aeshnidae</p> 	<p>Cordulegastridae</p> 
<p>Corduliidae</p> 	<p>Psychomyiidae</p> 
<p>Libellulidae</p> 	<p>Philopotamidae</p> 
<p>Caenidae</p> 	<p>Polycentropodidae</p> 
<p>Nemouridae</p> 	<p>Limnephilidae</p> 
<p>Rhyacophilidae</p> 	<p>Neritidae</p> 

Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Gammaridae</p> 	<p>Viviparidae</p> 
<p>Platycnemididae</p> 	<p>Ancylidae</p> 
<p>Coenagriidae</p> 	<p>Hydroptilidae</p> 
<p>Mesoveliidae</p> 	<p>Unionidae</p> 
<p>Hydrometridae</p> 	<p>Corophiidae</p> 

Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Gerridae</p> 	<p>Pleidae</p> 
<p>Nepidae</p> 	<p>Corixidae</p> 
<p>Naucoridae</p> 	<p>Haliplidae</p> 
<p>Notonectidae</p> 	<p>Hygrobiidae</p> 
<p>Hydropsychidae</p> 	<p>Dytiscidae</p> 

Nama Makroinvertebrata dan Gambar	
<p>Gyrinidae</p> 	<p>Elminthidae</p> 
<p>Hydropsychidae</p> 	<p>Tipulidae</p> 
<p>Simuliidae</p> 	<p>Planariidae</p> 
<p>Dendrocoelidae</p> 	<p>Baetidae</p> 
<p>Sialidae</p> 	<p>Piscicolidae</p> 
Nama Makroinvertebrata dan Gambar	

<p>Hydrophbiidae</p> 	<p>Lymnaeidae</p> 
<p>Planorbidae</p> 	<p>Sphaeriidae</p> 
<p>Hydracarina</p> 	<p>Hirudidae</p> 
<p>Erpobdellidae</p> 	<p>Asellidae</p> 
<p>Chironomidae</p> 	<p>Oligochaeta</p> 

Sumber : dari berbagai sumber

Berdasarkan Tabel 2.6 dapat diinterpretasikan kualitas sungai dilihat dari jenis hewan-hewan yang ada di dalamnya dengan ketentuan sebagai berikut (Trihadiningrum & Tjondronegoro, 1998):

1. Air sungai akan tergolong tidak tercemar, jika dan hanya jika terdapat Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae) dan Planaria, tanpa kehadiran jenis indikator yang terdapat pada kelas 2 - 6.
2. Air sungai tergolong agak tercemar, tercemar ringan, tercemar, tercemar agak berat dan sangat tercemar, bila terdapat salah satu atau campuran jenis makro invertebrata indikator yang terdapat dalam kelompok kelas masing-masing.
3. Apabila makro invertebrata terdiri atas campuran antara indikator dari kelas-kelas yang berlainan, maka berlaku ketentuan berikut:
 - a. Air sungai dikategorikan sebagai agak tercemar apabila terdapat campuran organisma indikator dari kelas 1 & 2, atau dari kelas 1, 2, & 3.
 - b. Air sungai dikategorikan tercemar ringan apabila terdapat campuran organisma indikator dari kelas 2 & 3, atau dari kelas 2, 3, & 4.
 - c. Air sungai dikategorikan sebagai tercemar apabila terdapat campuran organisma

Berdasarkan interpretasi kualitas tersebut maka dapat dikategorikan tingkat pencemaran seperti pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Interpretasi Skoring Metode BMWP ASPT

No.	Tingkat Cemar	Makroinvertebrata Indikator
1	Tidak tercemar	Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae); Planaria
2	Tercemar ringan	Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Trichoptera (Hydropschydae, Psychomyidae); Odonanta (Gomphidae, Plarycnematidae,

No.	Tingkat Cemaran	Makroinvertebrata Indikator
		Agriidae, Aeshnidae); Coleoptera (Elminthidae)
3	Tercemar	Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae); Odonanta(Libellulidae, Cordulidae); Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera
4	Tercemar agak berat	Oligochaeta (ubificidae); Diptera (<i>Chironomus thummi-plumosus</i>); Syrphidae
5	Sangat tercemar	Tidak terdapat makrozoobentos. Besar kemungkinan dijumpai lapisan bakteri yang sangat toleran terhadap limbah organik (<i>Sphaerotilus</i>) di permukaan

Sumber: Trihadiningrum & Tjondronegoro, 1998 dengan penyederhanan.

2.5 Pemantauan Kualitas Air Secara Fisik-Kimiawi dan Biologi

Pemantauan kualitas air dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu fisik, kimia dan biologi. Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya sudah melakukan pemantauan kualitas air secara rutin dalam kurun waktu tertentu dengan mengambil sampel air yang di uji laboratorium untuk mengetahui kualitas air. Pemantauan yang dilakukan pemerintah masih fokus kepada pemantauan kualitas air dengan parameter fisika dan kimia. Parameter fisik dan kimia bukanlah metode satu-satunya dalam memantau kualitas air. Pada Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 menyebutkan bahwa air perlu dikelola agar tersedia dalam jumlah yang aman dari segi kuantitas serta kualitas sehingga bermanfaat bagi kehidupan makhluk hidup agar tetap berfungsi secara ekologis. Khususnya pada pasal 14 ayat 1 peraturan ini menyebutkan bahwa terdapat beberapa parameter pendukung dalam menentukan kualitas air yang belum tercantum pada peraturan ini yaitu parameter bioindikator. Maka dari itu perlu adanya pemantauan kualitas air secara biologi sebagai penunjang analisa kualitas air yang lebih baik.

Kelebihan dan kekurangan pemantauan kualitas air secara fisik-kimia dan biologi dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Perbandingan Pemantauan Kualitas Air dengan Metode Fisik-Kimia dan Metode Biologi

Metode Fisik-Kimia	Metode Biologi
Hasil analisis kualitas air bersifat sesaat	Hasil analisis kualitas air bersifat tahunan
Dapat mengidentifikasi polutan tertentu yang menyebabkan tercemarnya air	Tidak bisa teridentifikasi jenis polutan penyebab pencemaran air
Biaya analisis mahal	Biaya analisis lebih murah
Analisis hanya bisa dilakukan oleh orang yang memahami betul mengenai prosedur analisis laboratorium	Analisis hanya bisa dilakukan oleh orang yang memahami biologi perairan
Hasil analisis dapat menunjukkan adanya bahaya patogen atau organisme tertentu	Hasil analisis menunjukkan pendugaan kualitas air secara ekologi
Perubahan musim tidak berpengaruh pada akurasi data	Keberadaan bentos sebagai obyek metode biologi dipengaruhi musim sehingga data dapat menjadi tidak akurat

Sumber : Rahayu *et.al*, 2009

2.6 Penelitian Sebelumnya

Hakim (2012) pernah melakukan penelitian serupa yaitu Studi Kualitas Air Sungai Brantas Berdasarkan Makroinvertebrata. Hakim menggunakan metode fisik kimia yang dikorelasikan dengan metode biologi. Kemudian dari hasil pengolahan data statistik untuk kualitas air berdasarkan parameter fisik-kimia dan makroinvertebrata di hitung korelasinya untuk menentukan besarnya keterkaitan dua metode ini. Selain penelitian ini terdapat beberapa penelitian lain yang serupa seperti pada Tabel 2.10 ini.

Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Mustafa Duran dan Menderes Suicmez	2007	<i>Utilization of both benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters for evaluating water quality of the stream Cekerek (Tokat, Turkey)</i>	5 macam kelas makroinvertebrata pada 2 segmen Sungai Cekerek dengan metode CS, BMWP, ETBI, NCBI, dan BBI menunjukkan kualitas Sungai Cekerek segmen 1 masuk pada kelas I-II dan segmen 2 masuk pada kelas yang sama kecuali BBI (kelas III)
2	Hasan Kalyoncu dan Melek Zeybek	2011	<i>An application of different biotic and diversity indices for assessing water quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey)</i>	16 macam ordo makroinvertebrata pada 6 titik sampling Sungai Cukurca dengan mengkorelasikan beberapa metode indeks biotik dan indeks keragaman menunjukan kualitas sungai dari titik sampling pertama hingga titik sampling keenam semakin buruk dikarenakan kualitas secara fisik-kimiawi yang buruk diikuti jumlah keanekaragaman makroinvertebrata yang semakin berkurang
3	Mustafa Duran dan Gurcay K. Akyildiz	2011	<i>Evaluating Benthic Macroinvertebrate Fauna and Water Quality of Suleymanli Lake (Buldan-Denizli) in Turkey</i>	61 macam ordo makroinvertebrata pada 6 titik sampling Danau Suleymanli dengan metode CS, ETBI, BBI, BMWP dan SW yang memperhatikan kualitas fisik-kimiawinya menunjukkan kualitas air cukup terpolusi atau masuk pada kelas II

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
4	Dwi Nugroho Wibowo dan Setijanto	2011	Kajian Berbagai Metode Pendekatan Penggunaan Makroinvertebrata Benthik sebagai Alat Pemantau Pencemaran Organik untuk Perairan Tropik	Pemantauan pencemaran sungai mengaitkan antara kondisi abiotik makroinvertebrata dengan keragaman makroinvertebrata yang ada pada Sungai Serayu. Metode yang digunakan yaitu TBI, Indeks Lothian dan Skor Biotik dimana Skor Biotik memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap perubahan nilai BOD.
5	Ayu Ratri Wijayaning Hakim dan Yulinah Trihadiningrum	2012	Studi Kualitas Air Sungai Brantas berdasarkan Makroinvertebrata	Penelitian dilakukan pada 14 titik dengan menginterpretasikan kualitas fisik-kimia air menggunakan LISEC Score dan Dutch Score serta kualitas biologis dengan metode BBI, BMWP, EBI menunjukkan kualitas yang berbeda-beda pada beberapa titik sampling Sungai Brantas dimana perbedaan banyaknya jumlah famili makroinvertebrata dipengaruhi oleh kondisi lingkungan makroinvertebrata tersebut hidup.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Daerah Studi

Metode penelitian digunakan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian sehingga mendapatkan hasil penelitian yang tepat dalam penentuan kualitas air Saluran Kalibokor dengan menggunakan makroinvertebrata dan kualitas fisik-kimia sungai. Metode penelitian meliputi daerah studi, pelaksanaan penelitian, kerangka penelitian, ide penelitian, dan tahapan penelitian. Daerah aliran Saluran Kalibokor yang menjadi titik pengambilan sampel melintasi daerah Sukolilo, Pucang, Manyar, sampai Ngagel. Peta lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 3.1 sampai 3.3.

3.2 Kerangka Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diperlukan kerangka penelitian yang dapat mempermudah penelitian ini. Fungsi kerangka penelitian ini adalah gambaran tahapan secara garis besar mengenai penelitian yang akan dilakukan. Adanya kerangka penelitian akan mempermudah pelaku penelitian untuk mengerjakan penelitiannya secara baik dan sistematis.

Penyusunan kerangka penelitian diawali dengan mengupas permasalahan yang ada dan dibandingkan dengan kondisi ideal yang seharusnya. Melalui gap antara kondisi eksisting dan kondisi ideal ini maka muncullah ide penelitian. Ide penelitian ini berperan sebagai metode penyelarasan antara kondisi eksisting dan kondisi ideal dari permasalahan yang menjadi obyek bahasan.

Setelah ide penelitian didapatkan, perlu adanya observasi langsung di awal penelitian untuk mengetahui secara pasti kondisi eksisting di lapangan. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan melakukan studi literatur sebanyak mungkin untuk menggali lebih dalam teori yang mendukung ide penelitian. Sesudah studi literatur selesai dilakukan maka dimulai penentuan metode sampling untuk pengumpulan data. Pengumpulan data yang dilakukan ada dua macam yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Untuk data primer adalah data yang di dapat

sendiri oleh pelaku penelitian seperti survei ke lapangan, melakukan sampling dan lain sebagainya. Setelah kedua jenis data di dapat, maka dilakukan analisis data dan pembahasan. Pada analisis data ini dijabarkan secara detail beserta pembahasan mengenai hasil penelitian. Hasil pembahasan kemudian diringkas dalam bentuk kesimpulan akhir yang menjawab tujuan penelitian. Secara umum kerangka penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.4.

3.3 Tahap-Tahap Penelitian

Langkah penelitian dapat mempermudah berjalannya penelitian tugas akhir dengan baik dan lancar. Langkah penelitian ini meliputi pencarian ide penelitian dan observasi langsung, studi literatur, penetapan segmentasi sungai, penentuan metode dan titik sampling, pengumpulan data, analisis data, pembahasan, kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian dan Observasi Langsung

Ide penelitian ini muncul karena penelitian mengenai penentuan kualitas air yang sering dilakukan adalah dengan metode fisik-kimia melalui pengukuran di laboratorium dan menggunakan pemodelan QUAL2KW. Sedangkan penentuan kualitas air secara biologis menggunakan metode biomonitoring jarang digunakan. Penelitian menggunakan metode biomonitoring dengan bioindikator makroinvertebrata yang dikorelasikan dengan kondisi fisik-kimia sungai sehingga bisa didapatkan hasil analisa kualitas air sungai tersebut. Ide penelitian ini mengenai Implementasi Metode Kimiawi dan *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon (BMWP-ASPT)* dalam Analisis Kualitas Air Saluran Kalibokor di Wilayah Surabaya.

Setelah ide penelitian didapatkan, perlu dilakukan observasi awal langsung ke lokasi untuk memastikan kesesuaian sasaran penelitian yang ingin dicapai. Pada proses pelaksanaan survei lapangan perlu dipertimbangkan kondisi di sepanjang sungai dari hulu hingga ke hilirnya mengenai kemudahan dalam pengambilan sampel.



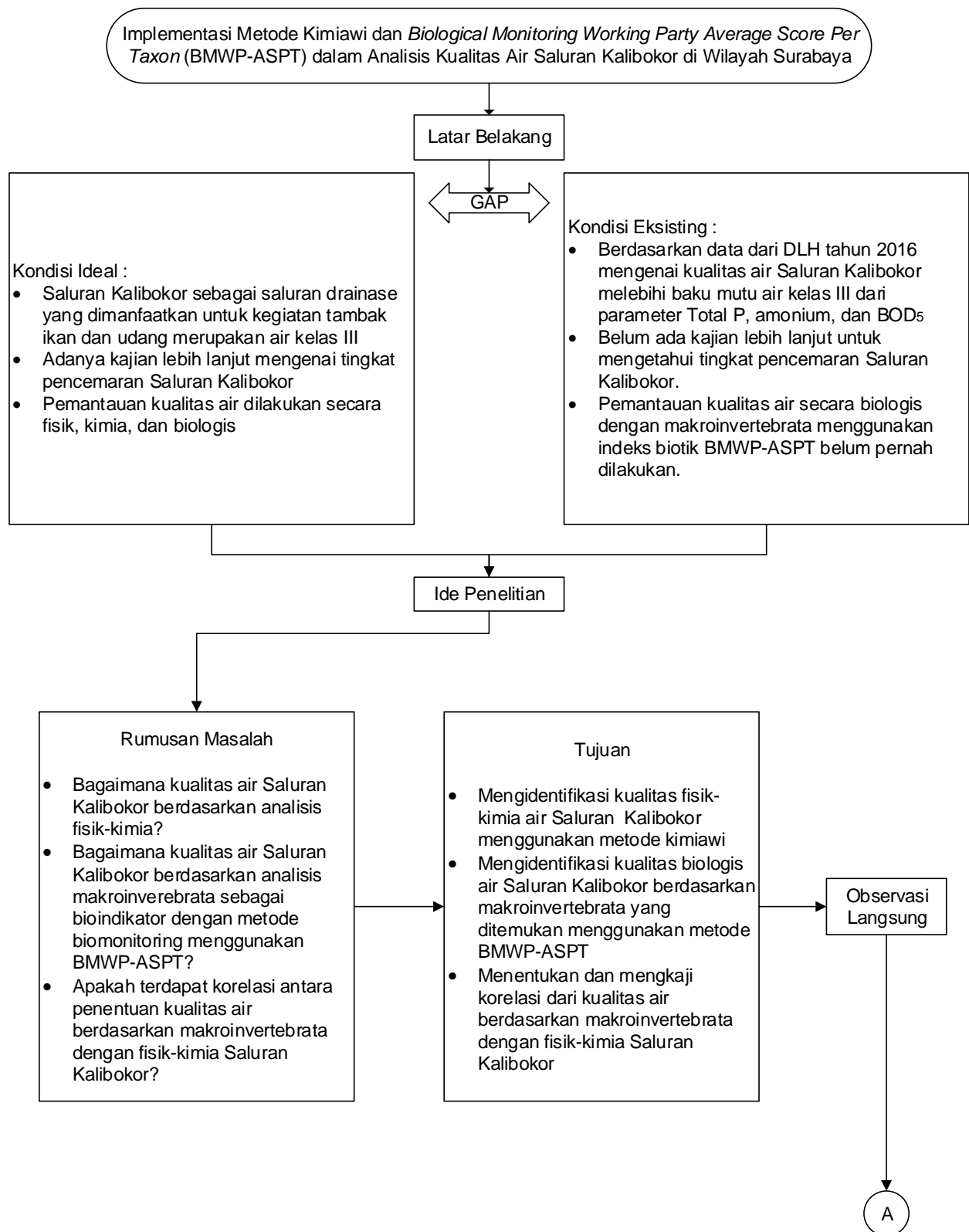
Gambar 3.1 Peta Hulu Saluran Kalibokor
Skala 1 : 43.000

Gambar 3.2 Peta Tengah Saluran Kalibokor
Skala 1 : 62.000

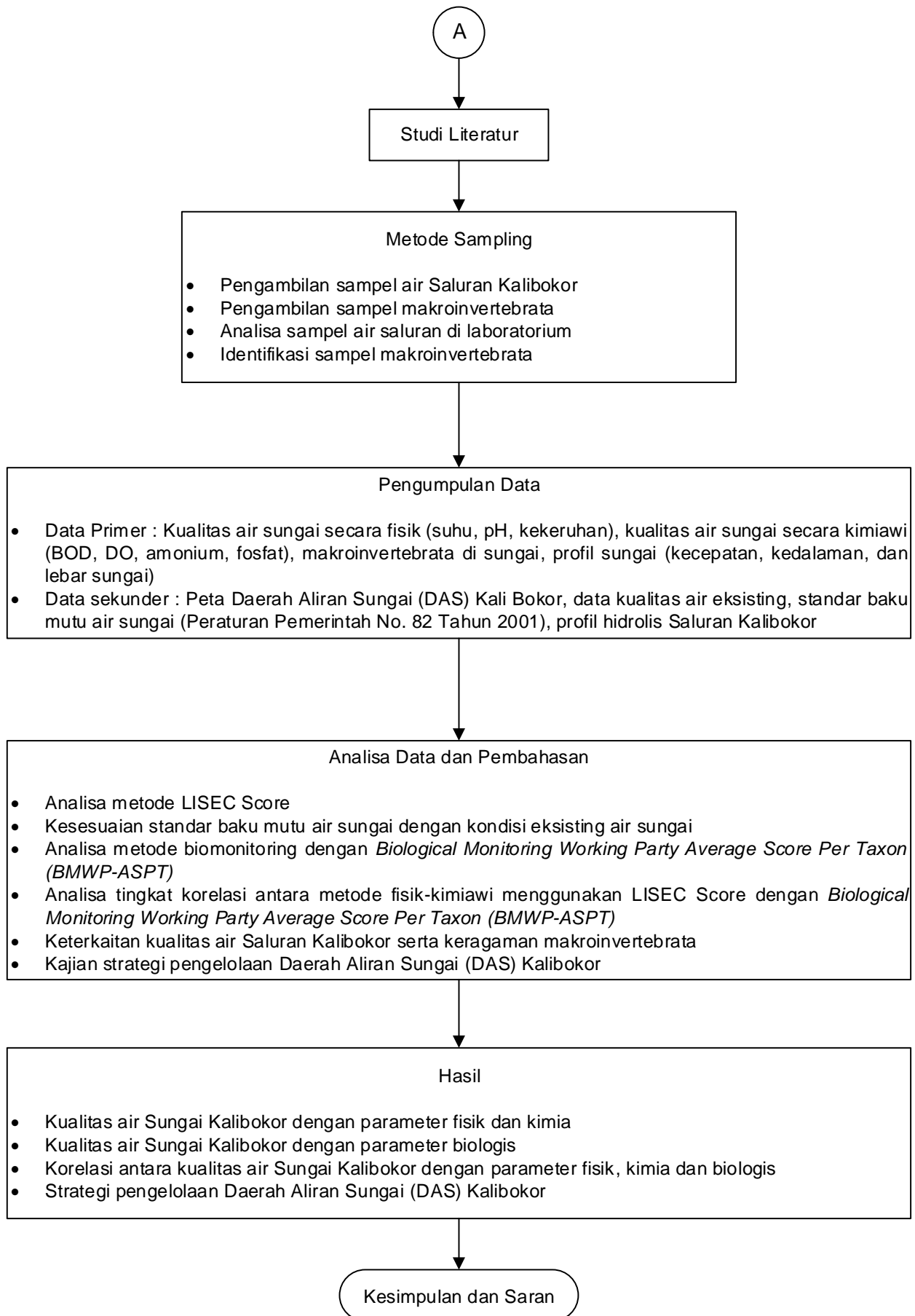


Gambar 3.3 Peta Hilir Saluran Kalibokor
Skala 1 : 62.000

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 3.4 Kerangka Penelitian



Gambar 3.4 Kerangka Penelitian (Lanjutan)

Survei lapangan pada penelitian ini perlu adanya batasan sampling (Hakim, 2012) sehingga dalam pelaksanaan sampling dapat berjalan dengan lancar, seperti :

- a. Lokasi sampling harus representatif dan mewakili kondisi sungai sehingga tidak terjadi kesulitan saat pengambilan sampel.
- b. Lokasi sampling pada sungai dengan aliran yang deras dan terjadi turbulensi akan mempersulit proses pengambilan sampel makroinvertebrata yang tinggal pada substrat dasar akan hanyut terbawa arus sungai.
- c. Debit air pada lokasi sampling sebaiknya tidak besar karena debit yang besar akan mempengaruhi keanekaragaman makroinvertebrata.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini dilakukan sebagai sarana untuk menambah pengetahuan mengenai analisis kualitas air dengan metode fisik-kimiawi dan metode biomonitoring sehingga hasil akhir dari penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam menentukan langkah-langkah pengelolaan kualitas air Saluran Kalibokor di masa yang akan datang.

Studi literatur ini diperoleh dari buku referensi, jurnal internasional maupun nasional dari penelitian yang sebelumnya, serta teori-teori yang terkait penelitian ini.

Melalui studi literatur ini didapatkan variabel untuk penelitian yaitu :

- a. Keberadaan makroinvertebrata dipengaruhi oleh tata guna lahan di sepanjang sungai
- b. Pemanfaatan lahan sepanjang sungai mempengaruhi karakteristik fisik dan kimiawi sungai.
- c. Pemanfaatan lahan sepanjang sungai mempengaruhi perubahan karakteristik fisik dan kimiawi sungai sehingga hanya makroinvertebrata yang adaptif terhadap kondisi lingkungan saat itu yang mampu bertahan di badan air.

Studi literatur dalam penelitian diperlukan karena membantu proses analisa data serta melakukan pembahasan

dari hasil penelitian sehingga dapat dikorelasikan dengan teori-teori yang ada mengenai validitasnya dan menghasilkan kesimpulan dari penelitian ini.

3.3.3 Metode Sampling

Saluran Kalibokor sepanjang 8,9 km dibagi menjadi 3 segmen berdasarkan tugas akhir yang pernah dilakukan mengenai Saluran Kalibokor. Saluran Kalibokor melintasi 3 kecamatan yaitu kecamatan Gubeng, Sukolilo dan Mulyorejo dimulai dari hulu hingga hilir saluran, Sebelum melakukan sampling maka perlu dilakukan penentuan titik lokasi sampling. Titik sampling penelitian ini direncanakan 8 titik sampling yang terletak pada 3 segmen saluran. Segmentasi saluran dilakukan berdasarkan perbedaan kecepatan aliran saluran. Pada segmen awal bagian hulu saluran memiliki kecepatan aliran antara 0,1 – 0,3 m/s. Pada segmen tengah cenderung tidak ada kecepatan aliran yang terjadi. Pada segmen hilir saluran memiliki kecepatan aliran dengan rentang yang sama seperti pada segmen hulu yaitu 0,1 – 0,3 m/s. Segmen pertama pada bagian hulu terdapat 3 titik sampling awal. yaitu titik 1, 2 dan 3. Segmen kedua pada bagian tengah terdapat 2 titik sampling lain yaitu titik 4 dan 5. Segmen ketiga terletak di bagian hilir sungai terdapat 3 titik sampling akhir yaitu titik 6, 7 dan 8. Titik sampling ini ditentukan berdasarkan perubahan dimensi saluran. Penentuan titik sampling ini dimulai dari percabangan Sungai Kalimas hingga bagian Saluran Kalibokor sesudah rumah pompa Kalibokor. Titik sampling diambil pada bagian saluran effluent buangan yang masuk ke sungai dengan aliran tenang, jauh dari terjunan dan tidak berada pada belokan.

Pengambilan sampel direncanakan sebanyak 4 kali pengambilan dengan interval pengambilan sampel seminggu sekali. Pada tahap analisis data dan pembahasan nanti akan didapatkan 32 data hasil sampling. Data ini terdiri dari 8 titik sampling yang masing-masing titik memiliki jumlah data *time series* sebanyak 4 kali pengulangan sampling.

Sampling dimulai pada awal bulan Maret di minggu ke-1 hingga minggu ke-4 bulan Maret. Titik sampling sebanyak 8 titik akan diselesaikan dalam sehari dimulai pukul 07.00 hingga pukul

11.00 WIB. Pengambilan sampel pagi hari mempertimbangkan cuaca Kota Surabaya yang cenderung hujan selepas pukul 12.00 WIB. Selain itu pada jam tersebut kegiatan mandi cuci kakus penduduk sudah selesai dilakukan. Pengambilan sampel diusahakan tidak pada hari yang hujan sehingga kondisi aliran air kurang lebih sama dengan keadaan pada sampling sebelum atau setelah hujan. Jika terjadi hujan pengambilan sampel dilakukan hari berikutnya.

Sampling dilakukan untuk pengambilan sampel air sungai untuk analisis kualitas air dengan parameter fisik-kimia dan sampel makroinvertebrata untuk analisis kualitas air dengan metode biomonitoring melalui identifikasi makroinvertebrata.

Metode sampling untuk sampel air dan sampel makroinvertebrata seperti dibawah ini. Sampel yang diambil yaitu komposit sampel. Sampling ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa sampel di sekitar area sampling pada titik yang sudah ditentukan.

A. Cara Pengambilan Sampel Air

1. Dipersiapkan alat pelindung diri dan botol untuk menyimpan sampel.
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil air langsung di dalam saluran.
3. Sebelum dilakukan pengambilan sampel air, diukur penampang saluran terlebih dahulu untuk mengetahui tinggi muka air saluran saat sampling.
4. Pengukuran menggunakan bambu atau tongkat kayu untuk mengukur penampang saluran.
5. Selanjutnya menggunakan botol kaca atau botol winkler diambil sampel air pada tengah saluran.
6. Ambil sampel air dengan berlawanan arus aliran sungai.
7. Diusahakan tidak ada udara berlebih yang masuk ke dalam botol.
8. Sampel air yang sudah diperoleh diberi tanda (label) pada botol kaca.

9. Setelah sampel air diperoleh dilakukan analisis langsung di lapangan untuk parameter DO dan suhu.
 10. Sampel air parameter yang lain analisis dilanjutkan di laboratorium.
- B. Cara Pengambilan Sampel Makroinvertebrata
1. Teknik yang digunakan pada pengambilan sampel ini yaitu teknik Jabbing yang dilakukan pengambilan pada tepi saluran.
 2. Substrat dasar saluran diaduk dengan menggunakan kaki
 3. Bottom grab ditempatkan dan aliran air yang telah diaduk ditampung (bercampur bahan terlarut)
 4. Metode pengambilan yaitu pada area di sekitar titik sampling diambil pada bagian tepi kanan dan kiri.
 5. Lumpur yang diambil dengan bottom grab dibersihkan di dalam jaring hingga tersisa hewan makroinvertebrata.
 6. Sampel hewan dimasukkan ke dalam toples.
 7. Kembalikan ke sungai apabila ditemukan jenis hewan lain masuk ke jaring yang tidak termasuk pada BMWP-ASPT (hewan makroinvertebrata) seperti ikan.

3.3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data primer dan sekunder. Data primer berupa data kualitas air (BOD, DO, pH, kekeruhan, amonium, fosfat dan Makroinvertebrata), data karakteristik sungai (kecepatan aliran dan dimensi penampang sungai). Pada pengumpulan data primer diperlukan alat dan bahan sebagai penunjang pengambilan data. Alat dan bahan untuk pengambilan sampel di lapangan untuk sampel air dan sampel makroinvertebrata yaitu :

- a. Kantong plastik untuk membawa peralatan dan sampel dari lapangan
- b. Tali sepanjang 10 m
- c. Toples plastik

- d. Label
- e. Selotip
- f. Gunting
- g. Botol plastik
- h. Ember
- i. Pena
- j. Bottom grab
- k. Sarung tangan lateks
- l. Jaring
- m. Termometer
- n. Botol winkler 150 ml
- o. Labu ukur 50 ml
- p. Labu Erlenmeyer 100 ml
- q. Pipet ukur 10 ml
- r. Propipet
- s. Pipet tetes
- t. Reagen untuk analisis DO di lapangan (Mangan Sulfat, Pereaksi O_2 , H_2SO_4 pekat, amilum, dan Natrium Thiosulfat 0,0125 N).

Pengambilan contoh dilakukan dengan menempatkan jaring pada dasar sungai. Tempat di sekitar kerangka jaring diaduk agar makroinvertebrata yang ada di antara bebatuan terhanyut oleh air dan menyangkut di jaring. Cara tersebut dapat diulang paling sedikit 4 kali per lokasi contoh. Sesudah sampling perlu adanya tahap lanjutan sebelum sampel diidentifikasi yaitu :

1. Pemisahan makroinvertebrata
Substrat yang terangkat dipisahkan dari makroinvertebrata menggunakan jaring yang berukuran $500\mu m$. Sampel dipisahkan dari lumpur, ranting, maupun batu-batu yang terbawa pada saat pengambilan sampel menggunakan pinset dan wadah sortir.
2. Pengawetan makroinvertebrata
Pengawetan sampel dilakukan menggunakan alkohol 70% agar sampel tetap dalam kondisi baik hingga sampel dianalisis di laboratorium (Rahayu et al., 2009).

Sedangkan data sekunder didapat dari beberapa instansi pemerintahan maupun non-pemerintahan dibawah ini :

1. Dinas Lingkungan Hidup berupa data kualitas air eksisting berdasarkan parameter fisik dan kimiawi, lokasi pengambilan sampel air Saluran Kalibokor dan standar baku mutu air sungai.
2. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan berupa data daerah aliran Saluran Kalibokor, data profil sepanjang Saluran Kalibokor dan profil hidrolis Saluran Kalibokor.

3.3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dilakukan setelah pengambilan sampel pada beberapa titik yang berada di sepanjang sungai pada setiap segmen yang sudah ditentukan dan diidentifikasi. Untuk analisis identifikasi biotik digunakan panduan dari buku, jurnal, artikel yang terkait makroinvertebrata berdasarkan indeks biotik *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon (BMWP-ASPT)*.

Prinsip penilaian indeks biotik untuk metode *BMWP-ASPT* adalah dengan mengidentifikasi famili makroinvertebrata yang paling toleran menyesuaikan tabel *BMWP-ASPT*. Setelah makroinvertebrata yang paling toleran diidentifikasi, maka ditentukan indeks biotik air berdasarkan nilai yang tertera pada tabel *BMWP-ASPT*. Tahap perhitungan secara detail tertera pada poin-poin berikut :

1. Identifikasi makroinvertebrata pada titik yang akan diidentifikasi dengan tingkat toleransinya terhadap pencemaran berdasarkan **Tabel 2.6**.
2. Setelah itu didapatkan skor untuk masing-masing taksa makroinvertebrata yang ditemukan dari **Tabel 2.6**.
3. Skor yang didapat setiap jenis makroinvertebrata di lokasi tertentu dijumlahkan lalu dibagi dengan jumlah taksa yang ditemukan.

Setelah diketahui nilai indeks biotik maka diinterpretasikan dalam tabel indeks pencemar untuk metode *BMWP-ASPT* seperti pada Tabel 2.8.

Analisis juga dilakukan pada sampel air dengan parameter fisik-kimia (suhu, kekeruhan, pH, BOD, DO, Fosfat dan

Amonium) di laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan. Metode analisis kualitas air yang akan digunakan untuk parameter fisik dan kimiawi adalah sebagai berikut:

- ✓ pH dan suhu: pengukuran langsung dengan pH meter
- ✓ Kekeruhan: pengukuran langsung dengan turbidimeter
- ✓ *Dissolved oxygen*: titrasi dengan menggunakan tiosulfat
- ✓ *Biological Oxygen Demand* : menggunakan metode winkler dengan sampel yang diukur setelah 5 hari penyimpanan. Angka pengenceran untuk pengukuran BOD didapatkan dari hasil pengukuran nilai permanganat.
- ✓ Amonium: metode Nessler
- ✓ Fosfat: metode klorid timah

Langkah-langkah uji laboratorium selengkapannya dapat dilihat pada lampiran A.1 hingga A.5.

Setelah didapatkan data hasil uji laboratorium, hasil analisis kualitas air secara fisik dan kimia diinterpretasikan dengan metode LISEC Score seperti pada Tabel 2.3. Sebelum data dimasukkan pada tabel LISEC Score dilakukan perhitungan nilai untuk masing-masing parameter tersebut.

- ✓ Nilai %DO Saturasi

Dari pengujian salinitas air maka dapat ditentukan DO saturasinya dari tabel DO saturasi. Kemudian untuk mendapat nilai %DO saturasi maka dapat dihitung :

$$\%DO \text{ Saturasi} = \frac{DO \text{ hasil analisis}}{DO \text{ saturasi tabel}} \times 100\% \text{ (Mozley, 2002)}$$

- ✓ Nilai BOD, amonium dan fosfat dari hasil analisis laboratorium langsung diinterpretasikan pada tabel LISEC Score.

Setelah keempat parameter nilainya diinterpretasikan pada tabel maka didapatkan skor untuk titik sampling yang dianalisis. Selanjutnya hasil analisis antara kualitas fisik-kimia dengan biologi akan dikorelasikan untuk menentukan hubungan

keterkaitan keduanya dalam kualitas air. Selain itu kualitas fisik-kimia dapat digunakan untuk memperkuat hasil kualitas air sungai berdasarkan makroinvertebrata. Perhitungan korelasi menggunakan rumus (Sudjana, 2005) :

$$r = \frac{n \sum f_i X_i Y_i - (\sum f_x X_i)(\sum f_y Y_i)}{\sqrt{\{n \sum f_x X_i^2 - (\sum f_x X_i)^2\} \{n \sum f_y Y_i^2 - (\sum f_y Y_i)^2\}}}$$

Dimana :

r = koefisien korelasi

xi = variabel ke-i = skor metode kimiawi

x = rata-rata variabel x

yi = variabel ke-i = skor hasil makroinvertebrata

y = rata-rata variabel y

n = $\sum f_x = \sum f_y$ = jumlah data

Kisaran nilai koefisien korelasi adalah $-1 < r < 1$. Untuk memudahkan interpretasi kekuatan korelasi, maka digunakan kriteria seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Interpretasi Kekuatan Korelasi

Nilai r	Arti
1	Korelasi sempurna
>0,75 – 0,99	Korelasi sangat kuat
>0,5 – 0,75	Korelasi kuat
>0,25 – 0,5	Korelasi cukup
>0 – 0,25	Korelasi sangat lemah
0	Tidak ada korelasi

Sumber : (Sudjana, 2005)

Setelah dilakukan analisis korelasi maka didapatkan tingkat kekuatan korelasi antara kedua metode. Analisis korelasi dilakukan pada semua titik sampling sehingga akan didapatkan data korelasi sebanyak 8 grafik hubungan dari data time series setiap titik. Dari hasil analisis korelasi didapatkan besarnya keterkaitan pencemaran antara dua metode. Jika angka korelasi semakin mendekati satu maka pengaruh antara kedua metode dalam analisis besarnya pencemaran saluran Kalibokor semakin

cocok. Besarnya pencemaran ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan rekomendasi pengelolaan badan air Saluran Kalibokor.

3.4.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dirumuskan berdasarkan pembahasan dan sesuai dengan tujuan penelitian serta menjawab rumusan masalah dari penelitian yang bersangkutan. Saran dirumuskan berdasarkan kekurangan dari penelitian yang bertujuan agar peneliti selanjutnya dapat memperbaiki kekurangan yang ada.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan kegiatan sampling dan pengamatan selama 4 kali yaitu bulan Maret tahun 2017 setiap 1 minggu sekali, langkah yang perlu dilakukan adalah melakukan penelitian pendahuluan. Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel air dan makroinvertebrata di lapangan serta analisis laboratorium. Analisis laboratorium yang dilakukan berupa analisis parameter fisik-kimia dan analisis biologis menggunakan hewan-hewan makroinvertebrata. Hasil analisis laboratorium selanjutnya digunakan sebagai analisis kualitas air.

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan maka penelitian inti dilakukan. Terdapat dua macam sampling yang dilakukan yaitu sampling air dan sampling bentos. Melalui kegiatan sampling ini didapatkan data hasil penelitian.

4.1.1 Kualitas Fisik-Kimia

Penelitian kualitas fisik-kimia air dilakukan selama 4 minggu berturut-turut. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 10, 17, 24, dan 31 Maret 2017 dengan 8 titik lokasi sampling. Parameter kualitas fisik-kimia air yang digunakan meliputi suhu, kekeruhan, pH, BOD, DO, amonium, dan fosfat. Data kualitas air secara fisik-kimia dapat dilihat pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 berikut ini.

Tabel 4.1 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling I

Titik	Suhu (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)
T1	28	3,181	7,068	0,462	0,603	7,5	68,4
T2	29	2,272	7,832	0,735	0,829	7,47	25,4
T3	30	1,704	32,595	1,392	2,026	7,44	29,6
T4	29	0	18,834	11,09	3,395	7,45	14,6

Titik	Suhu (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)
T5	30	2,045	24,260	0,883	2,554	7,57	20,1
T6	31	0	28,776	1,210	0,770	7,4	22,3
T7	31	0	15,496	0,354	2,270	7,39	9,38
T8	29	2,840	60,696	0,786	2,103	7,53	17,7

Tabel 4.2 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling II

Titik	Suhu (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)
T1	29	2,174	8	0,575	0,794	7,43	82,3
T2	29	0	17,57	11,41	3,578	7,48	30,4
T3	29	0	5,308	8,377	1,576	7,24	19,7
T4	29	0	20,86	14,63	4,197	7,33	25,7
T5	28	0	27,54	13,87	3,797	7,6	18,5
T6	30	0	15,75	12,3	3,105	7,5	29,4
T7	28	0	13,77	9,607	1,303	7,4	16,1
T8	29,5	1,652	15,68	11,76	3,360	7,4	12,5

Tabel 4.3 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling III

Titik	Suhu (oC)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)
T1	28	1,652	11,60	1,620	2,050	7,24	129
T2	29	1,739	9,74	2,833	0,557	7,29	46,7
T3	28	0,957	7,75	6,287	1,540	7,31	22,5
T4	30	0	21,35	20,92	1,922	7,27	29,9
T5	28	0	39,71	21,61	2,304	7,26	15,7
T6	30	0	19,27	17,81	0,593	7,37	20,8
T7	30	0	11,99	10,55	2,923	7,27	10,2
T8	30	1,739	19,81	13,55	3,797	7,37	17,1

Tabel 4.4 Data Kualitas Air Fisik-Kimia Sampling IV

Titik	Suhu (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)
T1	29	2,857	17,92	1,788	1,194	7,28	206
T2	27	1,486	19,68	5,276	1,267	7,24	312
T3	27	1,714	17,76	3,793	1,103	7,2	32,5
T4	28	0	25,80	11,02	2,723	7,22	20,2
T5	27	0	31,34	11,12	2,377	7,16	16,3
T6	28	0	21,52	6,945	1,904	7,19	15,4
T7	26	0	8,992	3,777	2,177	7,2	6,88
T8	27	3,429	11,32	5,007	1,558	7,28	20,1

4.1.2 Kualitas Biologis

Melalui hasil identifikasi makroinvertebrata yang diperoleh selama 4 kali sampling di 8 titik lokasi sampling, diperoleh jenis-jenis makroinvertebrata yang terdiri atas 4 kelas, 11 famili. Daftar famili dan jumlah makroinvertebrata yang diperoleh pada setiap titik selam penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.5 hingga 4.8.

Tabel 4.5 Data Makroinvertebrata Sampling I

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	Coleoptera								
	Elmidae	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Mollusca								
	Thyariidae	478	64	3	-	73	16	-	-
	Planorbidae	-	-	-	-	-	-	-	-
	Corbiculidae	-	-	-	-	3	-	-	-
	Lymnaeidae	-	-	26	19	9	24	-	2

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Viviparidae	121	51	107	40	3	3	46	38
	Anodontidae	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphaeriidae	2	-	9	-	24	-	-	8
3	Crustacea								
	Sundathelpusidae	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Oligochaeta								
	Tubificidae	9	-	-	-	-	-	-	9

Tabel 4.6 Data Makroinvertebrata Sampling II

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	Coleoptera								
	Elmidae	-	1	-	-	-	-	-	-
2	Mollusca								
	Thyariidae	111	116	104	20	22	7	5	44
	Planorbidae	-	-	-	-	-	-	3	3
	Corbiculidae	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lymnaeidae					4	15	21	6
	Viviparidae	67	202	13	12	17	8	7	23
	Anodontidae	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphaeriidae	1	2	3	4	-	-	-	5
3	Crustacea								
	Sundathelpusidae	1	-	-	-	-	-	-	-
4	Oligochaeta								
	Tubificidae	24	4	17	-	-	-	-	-

Tabel 4.7 Data Makroinvertebrata Sampling III

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	Coleoptera								
	Elmidae	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Mollusca								
	Thyariidae	526	126	100	8	4	36	5	44
	Planorbidae	-	-	-	-	-	-	11	3
	Corbiculidae	-	-	7	1	-	-	-	-
	Lymnaeidae	-	35	-	-	-	-	23	6
	Viviparidae	67	204	18	14	23	15	11	23
	Anodontidae	1	-	-	-	-	-	-	-
	Pilidae	-	-	-	-	-	2	-	-
	Sphaeriidae	3	-	-	-	-	-	-	5
3	Crustacea								
	Sundathelpusidae	1	-	-	-	-	-	-	-
4	Oligochaeta								
	Tubificidae	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.8 Data Makroinvertebrata Sampling IV

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	Coleoptera								
	Elmidae	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Mollusca								
	Thyariidae	173	49	56	12	4	5	3	4
	Planorbidae	-	-	-	-	2	-	17	-
	Corbiculidae	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lymnaeidae	6	-	-	-	4	-	23	-

No	Kelas dan Famili	Jumlah Makroinvertebrata							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Viviparidae	75	45	28	15	2	27	22	10
	Anodontidae	1	-	-	-	-	-	-	-
	Sphaeriidae	-	-	4	6	-	-	-	9
3	Crustacea								
	Sundathelpusidae	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Oligochaeta								
	Tubificidae	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan :

T1-T8 : Lokasi titik sampling dari titik 1 sampai titik 8

4.1.3 Data Hidrolis Saluran Kalibokor

Data hidrolis saluran digunakan sebagai data pendukung kondisi setempat lokasi sampling saat dilakukan sampling. Data ini meliputi kedalaman, kecepatan arus, dan lebar saluran. Data hidrolis ini digunakan dalam pembagian segmen saluran, penentuan titik sampling dan dijadikan sebagai faktor yang mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata. Data hidrolis disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Hidrolis Saluran Kalibokor

Titik	Sampling ke-	Lebar Saluran (m)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
1	1	6	0,37	0,23
	2		0,25	0,0023
	3		0,55	0,33
	4		0,215	0,003
2	1	7	0,3	0,154
	2		0,42	0,3045
	3		0,53	0,42
	4		0,265	0,07
3	1	8,5	0,35	0

	2		0,46	0,238
	3		0,6	0,32
	4		0,415	0,189
Titik	Sampling ke-	Lebar Saluran (m)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
4	1	13.9	0,5	0
	2		0,78	0
	3		0,84	0
	4		0,72	0
5	1	13.5	0,8	0
	2		0,6	0
	3		0,74	0
	4		0,5	0
6	1	21	0,78	0
	2		0,6	0,04
	3		0,82	0,17
	4		0,53	0,12
7	1	6.6	0,8	0,004
	2		0,44	0,00714
	3		0,7	0,05
	4		0,59	0,029
8	1	27	0,6	0,106
	2		0,83	0,247
	3		0,72	0,341
	4		0,47	0,087

4.2 Hasil Analisa Kualitas Air Lokasi Sampling

Penelitian lapangan untuk mengetahui kualitas air Saluran Kalibokor secara fisik-kimia maupun biologi sudah dilakukan dengan pengambilan sampel pada 8 lokasi titik sampling dengan jarak 1 km antar titik di sepanjang Saluran Kalibokor. Pengambilan dilakukan sebanyak 4 kali. Sampling pertama dilakukan pada tanggal 10 Maret 2017, sampling kedua dilakukan pada tanggal 17 Maret 2017, sampling ketiga

dilakukan pada tanggal 24 Maret 2017 dan sampling keempat dilakukan pada tanggal 31 Maret 2017.

Kendala pada saat pengambilan sampel yaitu keterbatasan waktu terjadi pada hari pertama sampling karena sampling dilakukan pada hari Jumat dan sumber daya manusia yang mengikuti sampling belum menguasai medan lokasi sampling. Pada pengambilan sampling pertama memakan waktu lebih banyak daripada sampling pada minggu-minggu berikutnya.

Pengambilan sampel air dan makroinvertebrata dilakukan pada waktu yang bersamaan di lokasi sampling yang telah ditentukan. Para tenaga sampling terdiri dari 6 orang yang dibagi dalam 3 tim untuk 3 tugas yang berbeda yaitu tim pertama bertugas untuk pengambilan sampel makroinvertebrata, tim kedua bertugas untuk pengambilan sampel air beserta pengujian DO di lapangan, dan tim ketiga bertugas untuk melakukan pengukuran kedalaman dan kecepatan aliran Saluran Kalibokor. Dokumentasi di lapangan sebagai penunjang penelitian lapangan ini dilakukan oleh tim ketiga.

Pengecekan beberapa parameter fisik-kimia air seperti kekeruhan, pH, DO, suhu, BOD, amonium dan fosfat dilakukan dengan analisa laboratorium kecuali parameter suhu yang bisa diukur langsung di lapangan dan parameter DO yang dilakukan analisa di lapangan. Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Hasil pengukuran parameter fisik-kimiawi dibandingkan dengan standar baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas III dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010.

Pada setiap titik dilakukan pengambilan sampel air 1 kali dikarenakan Saluran Kalibokor termasuk pada saluran dangkal sehingga hanya perlu diambil satu sampel di setiap titik sampling.

Pada setiap lokasi sampling terdapat karakteristik yang berbeda-beda. Berikut adalah hasil analisa kondisi lingkungan serta analisa uji laboratorium di setiap lokasi sampling.

4.2.1 Hasil Analisa Titik Sampling 1

Titik 1 lokasi sampling terletak di percabangan antara Sungai Kalimas dengan Saluran Kalibokor sebagai anak sungainya. Letak pengambilan sampel yaitu di jembatan pertama

setelah pintu air yang membuka aliran antara Sungai Kalimas dan Saluran Kalibokor. Lokasi ini terletak di dekat pemukiman warga di belakang pusat perbelanjaan Marvell City. Pada lokasi ini air cenderung keruh karena jarak kedalaman air dengan lumpur kurang dari 30 cm. Bagian dasar saluran ini didominasi oleh lumpur daripada batu-batu sehingga dengan mudah air bisa menjadi keruh ketika tinggi air menurun.



Gambar 4.1 Lokasi Sampling Titik 1 (Hulu Saluran Kalibokor)

Berdasarkan hasil analisa parameter fisik-kimia di laboratorium maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 1

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	68,4	7,5	28	0,60	0,46	3,18	7,07
2	82,3	7,4	29	0,79	0,57	2,17	8,00
3	129	7,2	28	2,05	1,62	1,65	11,60
4	206	7,2	29	1,19	1,79	2,86	17,92

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, parameter fisik air terdiri dari nilai kekeruhan dan suhu. Pada sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan terus meningkat. Hal ini

dikarenakan kondisi tinggi air semakin menurun sehingga potensi tercampurnya lumpur pada saluran dengan air semakin tinggi mengakibatkan kekeruhan yang tinggi. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 1 tidak memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU. Parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat hanya terdapat selisih penurunan maupun kenaikan 1°C. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling pertama hingga sampling keempat. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 1 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Parameter kimiawi yang diukur pada titik ini yaitu pH, kadar fosfat, kadar amonium, oksigen terlarut (DO), dan BOD. Pada pengukuran parameter kimiawi standar baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas III. Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.10 nilai pH titik 1 masih memenuhi baku mutu. Kadar fosfat pada titik 1 bernilai antara 0,6 hingga puncaknya 2,05 mg/L pada sampling ketiga. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian lebih banyak pada sampling ketiga dan keempat daripada sampling pertama dan kedua terbukti dengan adanya buih sabun pada badan air. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yaitu tidak melebihi 1 mg/L hanya sampling pertama dan kedua yang memenuhi baku mutu. Kadar amonium pada titik 1 berkisar antara 0,46 – 1,8 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi oleh buangan limbah domestik dari kanan kiri saluran. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Parameter DO dari air Saluran Kalibokor yang terukur berdasarkan hasil uji laboratorium hanya sampling pertama yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hasil sampling kedua hingga keempat tidak mencapai angka 3 mg/L dikarenakan kekeruhan yang semakin tinggi. Bahan-bahan terlarut dalam air juga menyerap panas yang mengakibatkan

suhu air meningkat, sehingga jumlah oksigen terlarut dalam air berkurang (Rahayu, et.al, 2009).

Sedangkan nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium meningkat dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 7 – 18 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik yang langsung ke Saluran Kalibokor dari pemukiman penduduk. Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 1 tidak memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.2 Hasil Analisa Titik Sampling 2

Titik 2 lokasi sampling terletak di Jalan Kalibokor Selatan. Letak pengambilan sampel air yaitu sebelum jembatan di Jalan Raya Ngagel Jaya. Lokasi ini terletak di dekat pemukiman warga serta terdapat kamar mandi darurat di dekat lokasi sampling. Sehingga tingkat kekeruhan air cukup tinggi. Pada bagian dasar saluran di lokasi sampling ini juga didominasi oleh lumpur daripada batu-batu. Sehingga proses pengambilan sampel lumpur sangat mudah.



Gambar 4.2 Lokasi Sampling Titik 2

Berdasarkan hasil analisa parameter fisik-kimia di laboratorium maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 2

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	25,4	7,5	29	0,83	0,74	2,27	7,83
2	30,4	7,5	29	3,58	11,41	0,00	17,57
3	46,7	7,29	29	0,56	2,83	1,74	9,74
4	312	7,24	27	1,27	5,28	1,49	19,68

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, pada sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan terus meningkat. Peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada sampling keempat. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan sampel air sangat keruh dan tinggi air hanya 26 cm sehingga sangat dekat dengan endapan dasar saluran. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 2 tidak ada yang memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU. Sedangkan parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat cenderung konstan dengan penurunan 2°C pada sampling keempat. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling keempat yang agak mendung daripada sampling pertama hingga ketiga dengan cuaca panas terik. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 2 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Parameter kimiawi yang diukur salah satunya adalah fosfat. Kadar fosfat pada titik 2 bernilai antara 0,56 hingga puncaknya 3,58 mg/L pada sampling kedua. Letak titik sampling yang berdekatan dengan kamar mandi darurat mempengaruhi fluktuasi kadar fosfat. Beberapa aktivitas seperti mandi dan mencuci baju dilakukan di bantaran saluran. Air limbah bekas mandi dan cuci langsung memasuki saluran. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air

kelas III yang tidak melebihi 1 mg/L hanya sampling pertama dan ketiga yang memenuhi baku mutu.

Selain kadar fosfat, diukur pula kadar amonium dalam air Saluran Kalibokor. Kadar amonium pada titik 2 berkisar antara 0,74 – 11,41 mg/L. Kenaikan kadar amonium juga dipengaruhi dengan adanya kamar mandi darurat. Hal ini dikarenakan kegiatan buang air besar dan buang air kecil sering dilakukan langsung di tepi saluran. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Derajat keasaman atau pH juga diukur sebagai parameter kimiawi air. Jika diamati dari sampling pertama hingga sampling keempat, nilai pH cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana angka ini merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.11 nilai pH titik 2 masih memenuhi baku mutu.

Parameter DO dari air Saluran Kalibokor yang terukur berdasarkan hasil uji laboratorium tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hal ini dikarenakan dangkalnya saluran disertai banyaknya limbah domestik yang terbuang langsung ke saluran sehingga nilai DO rendah. Nilai DO ini berkaitan langsung dengan nilai BOD. Nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 7,8 – 19,7 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik yang langsung ke Saluran Kalibokor dari pemukiman penduduk.

Semakin tinggi nilai BOD suatu badan perairan maka semakin buruk kondisi perairan tersebut. Sebab jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik semakin banyak. Sehingga berakibat pada turunnya nilai oksigen yang terlarut. Dengan demikian kondisi air menjadi kurang oksigen sehingga plankton dan organisme air lainnya tidak dapat berkembang dengan baik sebab BOD yang tinggi mengindikasikan banyak limbah yang terdapat dalam air tersebut (Barus, 2004).

Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 2 tidak memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.3 Hasil Analisa Titik Sampling 3

Titik 3 lokasi sampling terletak di depan Gedung Wanita di Jalan Kalibokor Selatan. Pada sisi kiri saluran, bagian lokasi sampling ini berhimpitan dengan rumah penduduk. Hampir setiap rumah memiliki pipa pembuangan air limbah domestik yang langsung mengalir ke Saluran Kalibokor. Sedangkan pada sisi kanan saluran terdapat sedikit endapan sampah. Bagian saluran ini juga didominasi dengan lumpur daripada batu-batu kali. Sehingga pengambilan sampel lumpur mudah dilakukan.



Gambar 4.3 Lokasi Sampling Titik 3

Tabel 4.12 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 3

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	29,6	7,44	30	2,03	1,39	1,70	32,60
2	19,7	7,2	29	1,58	8,38	0	5,31
3	22,5	7,31	28	1,54	6,29	0,96	7,75
4	32,5	7,2	27	1,10	3,79	1,71	17,76

Parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat hanya terdapat selisih penurunan 1°C dari sampling pertama hingga sampling keempat. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan cuaca pada sampling pertama hingga sampling keempat sehingga mempengaruhi suhu udara. Pada sampling keempat kondisi lingkungan sekitar mendung sehingga suhu air terdeteksi paling rendah daripada sampling sebelumnya. Perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 3 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Selain parameter suhu sebagai parameter fisik air, diukur pula nilai kekeruhan air. Pada sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan bervariasi. Hal ini dikarenakan kondisi tinggi air yang dangkal sehingga besar kemungkinan tercampurnya lumpur pada saluran dengan air. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 3 tidak memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU.

Parameter kimiawi yang pertama yaitu pH. Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat masih pada kisaran pH netral. Organisme dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi dari asam lemah hingga basa lemah. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air yang pada umumnya sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme, karena akan menyebabkan gangguan respirasi dan metabolismenya (Barus, 2004).

Merujuk pada pernyataan diatas, maka nilai pH dapat dijadikan salah satu parameter yang berhubungan dengan keberadaan makroinvertebrata yang berkaitan petunjuk kualitas

air. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III. Sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.12 nilai pH titik 3 masih memenuhi baku mutu.

Selain nilai pH, diukur pula kadar fosfat dan amonium dalam air. Kadar fosfat pada titik 3 bernilai antara 1,1 - 2,03 mg/L. Angka fosfat tertinggi terdapat pada sampling pertama yang semakin menurun hingga sampling keempat. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian lebih banyak pada sampling pertama terbukti dengan adanya buih sabun pada badan air. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yaitu tidak melebihi 1 mg/L tidak ada yang memenuhi baku mutu. Sedangkan untuk nilai kadar amonium pada titik 3 berkisar antara 1,39 – 8,38 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi oleh buangan limbah domestik dari kanan kiri saluran dimana terdapat pipa-pipa kecil langsung dari pemukiman penduduk sekitar saluran. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Parameter DO dari air Saluran Kalibokor yang terukur berdasarkan hasil uji laboratorium tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hasil sampling menunjukkan angka DO dibawah 3 mg/L sehingga sudah berada pada fase anaerobik. Hal ini terbukti pada nilai BOD yang tinggi. Nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium berada pada kisaran 5,31 – 32,6 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik yang langsung ke Saluran Kalibokor dari pemukiman penduduk. Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 3 pada sampling kedua saja yang memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.4 Hasil Analisa Titik Sampling 4

Titik 4 lokasi sampling terletak di Jalan Menur Pumpungan tepatnya di seberang minimarket Alfamidi. Pada

bagian saluran ini juga relatif dekat dengan kawasan pemukiman penduduk. Pengambilan sampel dilakukan melalui jembatan yang mengarah ke Jalan Manyar Tirtoyoso. Namun pengambilan sampel agak sulit dilakukan pada bagian ini karena timbunan sampah yang terapung di permukaan air. Pada bagian dasar saluran juga terdapat banyak sampah sehingga sulit melakukan pengambilan sampel lumpur.



Gambar 4.4 Lokasi Sampling Titik 4

Tabel 4.13 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 4

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	14,6	7,57	29	3,39	11,09	0	18,38
2	25,7	7,33	29	4,20	14,63	0	20,86
3	29,9	7,27	30	1,92	20,92	0	21,35
4	20,2	7,22	28	2,72	11,02	0	25,80

Berdasarkan hasil analisa laboratorium, nilai kekeruhan pada sampling pertama hingga keempat cukup bervariasi. Hal ini dikarenakan banyaknya timbunan sampah dengan zatnya yang terlarut pada badan air mengakibatkan kekeruhan air meningkat. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 4

tidak memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU. Tren parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat cenderung konstan hingga pada sampling ketiga terjadi kenaikan 1°C dan sampling keempat terjadi penurunan 2 °C. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan cuaca pada sampling pertama hingga sampling keempat sehingga mempengaruhi suhu udara. Pada sampling keempat kondisi lingkungan sekitar mendung sehingga suhu air terdeteksi paling rendah daripada sampling sebelumnya. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 4 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Parameter kimiawi yang diukur pada titik ini yaitu pH, kadar fosfat, kadar amonium, oksigen terlarut (DO), dan BOD. Pada pengukuran parameter kimiawi standar baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas III. Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.13 nilai pH titik 4 masih memenuhi baku mutu. Kadar fosfat pada titik 4 bernilai antara 1,92 – 4,2 mg/L. Puncak nilai fosfat terjadi pada sampling kedua. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian lebih banyak pada sampling kedua. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yang tidak melebihi 1 mg/L maka titik 4 dianggap tidak memenuhi baku mutu. Sedangkan kadar amonium pada titik 4 berkisar antara 11 – 20,92 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi oleh buangan limbah domestik dari kanan kiri saluran yang didominasi pemukiman penduduk. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Parameter DO dari air Saluran Kalibokor yang terukur berdasarkan hasil uji laboratorium tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hasil sampling menunjukkan nilai oksigen terlarut 0 mg/L. Hal ini dikarenakan kedalaman air pada lokasi sampling ini cukup dalam sehingga kandungan oksigen dalam air rendah. Pada bagian permukaan air, kadar oksigen akan lebih tinggi dikarenakan adanya proses difusi antara air dengan udara bebas yang disertai proses

fotosintesis. Maka dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut karena proses fotosintesis berkurang. Proses fotosintesis yang berkurang mengakibatkan berkurangnya kadar oksigen untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik (Patty, 2013).

Sedangkan nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium meningkat dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 18,4 – 25,8 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik dan sampah yang langsung masuk ke Saluran Kalibokor dari pemukiman penduduk. Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 4 tidak memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.5 Hasil Analisa Titik Sampling 5

Titik 5 lokasi sampling terletak di Jalan Arif Rahman Hakim tepatnya di depan Kampus ITATS. Daerah saluran ini dikelilingi oleh kawasan pendidikan. Pada bagian ujung saluran ini terdapat timbunan sampah sehingga sewaktu-waktu dapat menyumbat saluran. Terdapat lumut hijau yang terapung di permukaan air saluran. Tingkat kekeruhan bagian saluran pada titik ini tidak terlalu tinggi hanya saja airnya berwarna hijau. Keadaan sekitar saluran cukup teduh karena banyak pohon tumbuh di tepi saluran.

Tabel 4.14 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 5

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	20,1	7,57	30	2,55	0,88	2,04	24,26
2	18,5	7,6	28	3,80	13,87	0	27,54
3	15,7	7,26	28	2,30	21,61	0	39,71
4	16,3	7,16	27	2,38	11,12	0	31,34



Gambar 4.5 Lokasi Sampling Titik 5

Pengukuran sifat fisik air Saluran Kalibokor pada titik ini yaitu nilai kekeruhan dan suhu. Nilai kekeruhan pada titik sampling 5 cenderung menurun dari awal hingga akhir sampling. Hal ini dikarenakan pada sampling-sampling awal dekat titik sampling dikelilingi timbunan sampah. Bahan-bahan dari sampah yang terlarut dalam air menyebabkan nilai kekeruhan meningkat. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 5 tidak memenuhi baku mutu dengan angka maksimum 5 NTU. Sedangkan parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat menurun di sampling kedua sebesar 2°C dan menurun lagi pada sampling keempat. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling pertama hingga sampling keempat. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 5 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3°C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana angka ini merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.14 nilai pH titik 5 masih memenuhi baku mutu. Kadar fosfat pada titik 5 bernilai antara 2,3 – 3,8 mg/L. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian yang langsung dibuang ke badan air. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu

kadar fosfat dalam air kelas III yang tidak melebihi 1 mg/L tidak ada yang memenuhi baku mutu.

Kadar amonium pada titik 5 berkisar antara 0,9 – 21,6 mg/L. Angka ini dianggap memenuhi baku mutu dikarenakan untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III menurut peraturan yang berlaku. Nilai kadar amonium pada sampling pertama hanya 0,9 mg/L sedangkan pada sampling selanjutnya berkisar antara 11,1 – 21,6 mg/L. Hal ini dikarenakan timbunan sampah pada bagian awal sebelum pengambilan sampel di titik 7. Kandungan amonium dalam sampah ikut larut dalam air. Besarnya nilai amonium tidak terjadi pada sampling pertama dikarenakan bagian saluran di titik sampling 7 baru saja dilakukan pembersihan saluran dari sampah. Amonium sebagai salah satu unsur nitrogen dalam air yang berasal dari pupuk yang larut, kotoran hewan maupun buangan limbah lainnya. Kandungan yang tinggi dalam air akan meningkatkan aktivitas tumbuhan air sehingga kandungan oksigen dalam air semakin berkurang (Rahayu, 2009).

Maka berdasarkan pernyataan tersebut, nilai DO berkaitan pula dengan nilai amonium. Nilai DO dari air Saluran Kalibokor tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III sebesar 3 mg/L. Hasil sampling pertama menunjukkan angka 2 mg/L dikarenakan dekat titik sampling saat itu terdapat tangki penyiram taman kota sedang menyedot air saluran. Secara tidak langsung kegiatan ini mengakibatkan terjadinya aerasi di badan air sehingga nilai oksigen terlarut meningkat. Pada sampling kedua hingga keempat keadaan air sudah anaerobik karena nilai oksigen terlarut 0 mg/L.

Nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium meningkat dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 24,3 – 39,7 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya timbunan sampah di badan air yang menyebabkan kandungan organik meningkat. Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 5 tidak memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air

kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.6 Hasil Analisa Titik Sampling 6

Titik 6 lokasi sampling masih terletak di Jalan Arif Rahman Hakim. Bagian saluran pada titik ini berada di depan Perumahan Puri Galaxy. Lokasi pengambilan sampel air dilakukan di jembatan pintu keluar kawasan Puri Galaxy. Lokasi saluran ini dekat dengan pemukiman penduduk, Kampus ITS, dan Rumah Sakit Onkologi. Tepi saluran terbuat dari pasangan batu dan dasar saluran banyak terdapat bebatuan. Kondisi air pada lokasi ini berwarna coklat dan terdapat timbunan sampah plastik yang mengapung di permukaan air. Lumut hijau juga sering dijumpai pada lokasi ini. Keadaan lingkungan sekitar lokasi ini agak panas dikarenakan sedikitnya pohon yang berada di sisi kanan saluran. Berbeda dengan sisi kiri saluran masih terdapat beberapa pohon sehingga memberikan efek teduh.

Tabel 4.15 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 6

Sa mpli ng ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	22,3	7,4	31	0,77	1,21	0	28,78
2	16,1	7,4	30	3,11	12,30	0	15,75
3	20,8	7,37	30	0,59	17,81	0	19,27
4	15,4	7,19	28	1,90	6,94	0	21,52



Gambar 4.6 Lokasi Sampling Titik 6

Berdasarkan hasil analisa laboratorium pada tabel 4.15, parameter fisik air terdiri dari nilai kekeruhan dan suhu. Pada sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan berkisar antara 15,4 – 22,3 NTU. Maka berdasarkan Tabel 4.15, nilai kekeruhan pada titik 6 tidak memenuhi baku mutu 5 NTU. Selain kekeruhan, parameter suhu air juga diukur sebagai parameter fisik air. Pada sampling pertama hingga sampling keempat suhu berkisar antara 28 – 31 °C. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling pertama hingga sampling keempat. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 1 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling. Selain itu kondisi lokasi sampling yang permukaan airnya berhadapan langsung dengan pancaran sinar matahari. Pancaran sinar matahari mengakibatkan peningkatan suhu perairan dan menurunkan tingkat solubilitas oksigen dalam air (Asdak, 2010).

Maka berkaitan dengan pernyataan tersebut, nilai DO dari air Saluran Kalibokor yang terukur berdasarkan hasil uji laboratorium tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hasil sampling untuk empat kali pengulangan sampling tidak terdeteksi nilai oksigen terlarutnya.

Nilai DO ini berkaitan langsung dengan nilai BOD. Nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 15,8 – 28,8 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik dan rumah sakit ke Saluran Kalibokor.

Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 6 tidak memenuhi baku mutu.

Selain parameter DO dan BOD, diukur pula derajat keasaman sebagai salah satu parameter kimia air. Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.15 nilai pH titik 6 masih memenuhi baku mutu. Kadar fosfat pada titik 6 bernilai antara 0,6 – 3,1 mg/L. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian terlihat lebih banyak pada sampling kedua dan keempat terbukti

dengan adanya buih sabun pada badan air. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yang tidak melebihi 1 mg/L hanya sampling pertama dan ketiga yang memenuhi baku mutu. Kadar amonium pada titik 6 berkisar antara 1,2 – 17,8 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi oleh buangan limbah domestik dari tepi saluran. Selain itu pada tepi saluran ini sebelumnya terdapat dua rumah sakit yang juga membuang limbahnya ke Saluran Kalibokor. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.7 Hasil Analisa Titik Sampling 7

Titik 7 lokasi sampling terletak di Jalan Keputih Gang 1D tepatnya di jembatan yang menghubungkan antara Keputih dengan kawasan Kampus ITS. Pada bagian lokasi ini banyak terdapat pepohonan sehingga kondisi sekitarnya cukup teduh. Kondisi saluran ini dipenuhi dengan enceng gondok dan lumut hijau yang mengapung di permukaan air. Bagian dasar saluran didominasi oleh bebatuan sehingga pengambilan sampel lumpur sering bertabrakan dengan batu-batu kali. Air pada saluran ini berwarna hijau agak bening sehingga mudah melihat dasar saluran.



Gambar 4.7 Lokasi Sampling Titik 7

Tabel 4.16 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 7

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	9,38	7,4	31	2,27	0,35	0	15,50
2	12,5	7,4	28	1,30	9,61	0	13,77
3	10,2	7,3	30	2,92	10,55	0	12
4	6,88	7,2	26	2,18	3,78	0	9

Parameter kimiawi yang diukur pada titik ini yaitu pH, kadar fosfat, kadar amonium, oksigen terlarut (DO), dan BOD. Angka derajat keasaman pada titik 7 dari sampling pertama hingga sampling keempat masih berada pada rentang pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.16 nilai pH titik 7 masih memenuhi baku mutu.

Kadar fosfat pada titik 7 bernilai antara 1,3 – 2,9 mg/L. Hal ini diakibatkan limbah bekas cucian dari pemukiman penduduk di sekitarnya. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yaitu tidak melebihi 1 mg/L maka dapat dinyatakan tidak memenuhi baku mutu. Kandungan fosfat yang berlebih ini mempengaruhi kenaikan pertumbuhan mikroorganisme seperti alga dan fitoplankton. Jenis organisme ini akan semakin melimpah di dalam air yang salah satunya berdampak pada pertumbuhan tanaman air lebih cepat (Risamasu, 2011).

Seperti yang terdapat di lapangan lokasi sampling, terdapat banyak tanaman air di permukaan saluran sehingga oksigen sulit masuk ke dalam air. Hal ini dibuktikan dengan nilai dari oksigen terlarut air Saluran Kalibokor tidak ada yang memenuhi baku mutu air kelas III yaitu minimum 3 mg/L. Hasil sampling menunjukkan bahwa empat kali pengulangan sampling tidak terdeteksi nilai oksigen terlarutnya.

Kadar amonium pada titik 7 berkisar antara 0,35 – 10,6 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi oleh buangan limbah domestik dari pemukiman di sekitar saluran. Untuk parameter

amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Sedangkan nilai BOD untuk air Saluran Kalibokor terukur dari hasil uji laboratorium meningkat dari sampling pertama hingga sampling keempat yang berada pada kisaran 9 – 15,5 mg/L. Peningkatan nilai BOD dipengaruhi dengan adanya buangan limbah domestik yang langsung ke Saluran Kalibokor dari pemukiman penduduk. Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 7 tidak memenuhi baku mutu.

Analisa laboratorium untuk parameter fisik air terdiri dari nilai kekeruhan dan suhu. Pada sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan berkisar antara 6,9 – 12,5 NTU. Hal ini dikarenakan kondisi di sekitar saluran banyak terdapat tanaman air sehingga nilai oksigen terlarut tinggi yang berdampak pada nilai kekeruhan rendah. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, meskipun nilai kekeruhan pada titik 7 rendah tetapi tidak memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU. Parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat berkisar antara 26 – 31 °C. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling pertama hingga sampling keempat. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 7 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.2.8 Hasil Analisa Titik Sampling 8

Titik 8 lokasi sampling merupakan hilir dari Saluran Kalibokor. Letak lokasi sampling ini dekat dengan kawasan tambak ikan dan udang serta Rumah Pompa Kalibokor. Keadaan sekitar saluran banyak dijadikan kawasan pemukiman penduduk. Kondisi lingkungan sekitar saluran banyak terdapat tanaman air bercampur dengan timbunan sampah. Air pada saluran ini berwarna hijau bening. Batu-batu juga banyak ditemukan di dasar

saluran sehingga pengambilan sampel lumpur cukup sulit dilakukan.



Gambar 4.8 Lokasi Sampling Titik 8 (Hilir Saluran Kalibokor)

Tabel 4.17 Data Analisis Parameter Fisik-Kimia Titik 8

Sam pling ke	Kekeru han (NTU)	pH	Suhu (°C)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
1	17,7	7,53	29	2,10	0,79	2,84	60,70
2	29,4	7,5	29,5	3,36	11,76	1,65	15,68
3	17,1	7,37	30	3,80	13,55	1,74	19,81
4	20,1	7,28	27	1,56	5,01	3,43	11,33

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 terdapat banyak buih. Buih tidak hanya dikarenakan air saluran yang melewati terjunan di rumah pompa Kalibokor, melainkan buangan air sisa kegiatan mencuci juga ikut terbawa arus. Hal ini dibuktikan dengan kandungan fosfat dalam air di titik 8 yang tidak memenuhi baku mutu. Hasil analisa laboratorium untuk kandungan fosfat pada titik 8 dalam air menunjukkan rentang nilai antara 1,56 – 3,8 mg/L. Kadar fosfat pada titik ini merupakan kadar fosfat tertinggi daripada lokasi sampling yang lain dikarenakan limbah bekas

cucian yang dibuang ke saluran. Sehingga jika dibandingkan dengan standar baku mutu kadar fosfat dalam air kelas III yang tidak melebihi 1 mg/L titik 8 dianggap tidak memenuhi baku mutu.

Selain air limbah bekas cucian, limbah domestik rumah tangga juga dibuang langsung ke saluran. Hal ini dibuktikan dengan nilai BOD pada Tabel 4.17 yang berada pada kisaran 11,3 – 60,7 mg/L. Nilai BOD ini berkaitan dengan nilai oksigen terlarut titik 8. Nilai DO pada titik 8 dapat dikatakan cukup besar jika dibandingkan dengan nilai DO pada titik sampling lain. Besarnya nilai DO dikarenakan proses aerasi sebelum lokasi titik sampling yang berasal dari terjunan rumah pompa Kalibokor. Hasil sampling pertama hingga ketiga tidak mencapai angka 3 mg/L. Dalam hal ini nilai DO berkaitan dengan nilai BOD. Nilai oksigen terlarut cukup besar namun dengan adanya beban organik dari limbah domestik yang tinggi maka nilai DO masih belum memenuhi baku mutu. Kondisi ini juga dipengaruhi adanya alga di permukaan air saluran sehingga menghalangi masuknya oksigen ke dalam air yang berdampak pada nilai BOD tinggi karena beban organik yang tidak terolah.

BOD didasarkan pada kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, artinya hanya terhadap senyawa yang terdapat yang mudah diuraikan secara biologis seperti senyawa yang terdapat dalam rumah tangga. Untuk produk-produk kimiawi, seperti senyawa minyak dan buangan kimia lainnya akan sangat sulit dan bahkan tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme yang berakibat pada nilai BOD tinggi (Barus, 2004).

Jika dikaitkan dengan standar baku mutu air kelas III untuk parameter BOD yaitu 6 mg/L, maka nilai BOD pada titik 8 tidak memenuhi baku mutu.

Selain DO, BOD dan kandungan fosfat, diukur pula pH, kadar amonium, kekeruhan dan suhu. Nilai parameter pH dari sampling pertama hingga sampling keempat cenderung menurun tetapi masih pada kisaran pH netral. Angka pH netral berkisar antara 6-9 dimana merupakan baku mutu air kelas III sehingga berdasarkan data pada Tabel 4.17 nilai pH titik 8 masih memenuhi baku mutu. Kadar amonium pada titik 8 berkisar antara 0,79 – 11,76 mg/L. Kenaikan kadar amonium dipengaruhi

oleh buangan limbah domestik dimana kawasan ini di dominasi pemukiman kumuh yang belum memiliki tangki septik. Sehingga air limbah langsung menuju Saluran Kalibokor. Untuk parameter amonium tidak memiliki standar baku mutu air kelas III sehingga nilai amonium yang terukur dianggap memenuhi baku mutu.

Pengukuran parameter kekeruhan menunjukkan hasil sampling pertama hingga sampling keempat nilai kekeruhan berkisar antara 17,1 – 29,4 NTU. Angka kekeruhan ini diakibatkan dangkalnya saluran dan bagian tepi saluran yang tidak dibeton sehingga tanah di tepian saluran mudah bercampur dengan air di saluran. Menurut Permenkes 492 tahun 2010, nilai kekeruhan pada titik 8 tidak memenuhi baku mutu yaitu 5 NTU. Sedangkan untuk parameter suhu air pada sampling pertama hingga sampling keempat berkisar antara 27 - 30 °C. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara pada sampling pertama hingga sampling keempat. Pada sampling keempat kondisi lokasi sampling sedikit mendung sehingga suhu air sedikit lebih rendah. Tetapi perubahan suhu ini tidak menyebabkan parameter suhu air pada titik 8 tidak memenuhi baku mutu deviasi 3 °C dengan suhu lingkungan saat sampling.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk parameter kekeruhan, fosfat, DO, dan BOD belum memenuhi baku mutu air kelas III. Sedangkan parameter suhu, pH, dan amonium sudah memenuhi baku mutu berdasarkan regulasi yang berlaku.

4.3 Kualitas Air Berdasarkan LISEC Score

Analisis kualitas fisik-kimia air Saluran Kalibokor menggunakan metode LISEC Score. Berdasarkan kelengkapan parameter yang digunakan, metode skoring untuk analisa parameter fisik-kimia ada 2 metode yaitu Dutch Score dan LISEC Score. Pada penelitian ini digunakan hanya metode LISEC Score dikarenakan dipilih metode dengan parameter yang lebih lengkap sehingga data yang didapatkan bisa lebih akurat. Pada metode ini nilai dari setiap parameter (DO, BOD, amonium dan fosfat) mendapatkan skor yang nanti digunakan untuk menentukan kualitas air sungai.

Pada penelitian ini terdapat pengukuran kadar salinitas sampel air Saluran Kalibokor di bagian hulu dan hilir saluran.

Tujuan pengukuran kadar salinitas adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh salinitas terhadap nilai oksigen terlarut.

Tabel 4.18 Pengukuran Salinitas Hulu dan Hilir

Titik	Kadar Salinitas (mg/L)			
	Sampling I	Sampling II	Sampling III	Sampling IV
Titik 1 (Hulu)	0,1	0,21	0,2	0,14
Titik 8 (Hilir)	0,59	0,75	0,69	0,55

Dengan menggunakan Tabel 4.18 kemudian dicocokkan dengan Tabel 4.19 agar dapat ditentukan nilai DO saturasi standarnya. Tabel ini mengkorelasikan hubungan suhu dengan kadar nilai salinitas salurannya.

Tabel 4.19 DO Saturasi yang dipengaruhi Salinitas dan Suhu

Suhu	Salinitas 0	Salinitas 5
26	8,113	7,711
27	7,968	7,575
28	7,827	7,444
29	7,691	7,317
30	7,559	7,194
31	7,43	7,073
32	7,305	6,957

Sumber : APHA, 1995

Maka dengan nilai DO saturasi diatas sesuai dengan angka salinitasnya, digunakan nilai DO saturasi dengan salinitas 0 karena nilai salinitas sampel hasil pengukuran tidak sampai 1, melainkan mendekati nilai 0.

Pada LISEC Score, parameter DO yang digunakan dalam bentuk %DO saturasi. Untuk mengetahui nilai %DO saturasi dapat dilihat pada Tabel 4.2. Dari Tabel 4.2 didapatkan nilai %DO

saturasi Saluran Kalibokor. Melalui angka ini dilakukan perhitungan %DO saturasi dengan cara sebagai berikut :

$$\%DO \text{ saturasi} = \frac{\text{Nilai DO lapangan}}{\text{DO eksisting}} \times 100\%$$

(Mozley, 2002)

Sebagai contoh perhitungan nilai DO saturasi pada sampling keempat titik 8 seperti berikut.

- Nilai DO hasil pengukuran 3,43 mg/L
- Suhu air yang terukur saat sampling 27°C

$$\%DO \text{ saturasi} = \frac{3,43}{7,968} \times 100\% = 43,03$$

Sehingga melalui rumus diatas dengan cara yang sama diperoleh nilai %DO saturasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 %DO Saturasi Saluran Kalibokor

Titik	Sampling I	Sampling II	Sampling III	Sampling IV
1	40,64	28,27	21,11	37,15
2	29,54	0	22,61	18,65
3	22,54	0	12,22	21,51
4	0	0	0	0
5	27,05	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	36,93	21,86	23,01	43,03

Setelah didapatkan nilai %DO saturasi, dicocokkan parameter lain (BOD, amonium, dan fosfat) dalam tabel interpretasi pada Tabel 4.21 untuk menentukan skor setiap titik.

Tabel 4.21 Skoring LISEC Score pada setiap Parameter

Skor	%DO Saturasi	BOD (mg/L)	Amonium (mg/L)	Fosfat (mg/L)
1	91-110	<3	<0,5	<0,05
2	71-90; 111-120	3,1-6,0	0,5-1,0	0,05-0,25
3	51-70; 121-130	6,1-9,0	1,1-2,0	0,25-0,90
4	31-50; 131-150	9,1-15,0	2,1-5,0	0,90-1,5
5	<30,>150	>15	<5,0	>1,5

Contoh perhitungan skor :

Titik sampling 8 pada sampling I

%DO saturasi = 36,93% → skor = 4

Konsentrasi BOD = 60,70 mg/L → skor = 5

Konsentrasi Amonium = 0,79 mg/L → skor = 2

Konsentrasi Fosfat = 2,1 mg/L → skor = 5

Tabel 4.22 Interpretasi LISEC Score

Kelas	Skor	Kualitas Air
I	4-6	Tidak tercemar
II	6-10	Agak tercemar
III	10-14	Tercemar sedang
IV	14-18	Tercemar berat
V	18-20	Tercemar sangat berat

Skor masing-masing parameter sudah didapatkan maka dapat dilakukan analisis LISEC Score dengan menjumlahkan keseluruhan skor sehingga bisa diklasifikasikan kualitas airnya. Maka kualitas air secara fisik-kimia pada titik sampling kedelapan yaitu :

$$\Sigma T8 = 4 + 5 + 2 + 5 = 16$$

Sehingga dapat dikatakan bagian saluran pada titik 8 tercemar sedang.

Pada analisa LISEC Score ini, analisa dibagi menjadi dua yaitu analisa LISEC Score hasil penelitian lapangan dan analisa

LISEC Score berdasarkan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH).

4.3.1 Hasil Analisa Data Penelitian Lapangan

Data hasil analisa laboratorium menggunakan sampel yang diambil di lapangan digunakan untuk analisa LISEC Score. Berikut ini hasil perhitungan skoring untuk LISEC Score pada semua titik sampling dapat dilihat pada Tabel 4.23 hingga Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.23 Hasil Analisa LISEC Score Titik 1

Sa mpli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	4	3	1	3	11	III	Tercemar ringan
2	5	3	2	3	13	III	Tercemar ringan
3	5	4	3	5	17	IV	Tercemar sedang
4	4	5	3	4	16	IV	Tercemar sedang

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 1 sesuai Tabel 4.23 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar ringan hingga tercemar sedang.

Tabel 4.24 Hasil Analisa LISEC Score Titik 2

Sa mpli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	3	2	3	13	III	Tercemar ringan
2	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat

Sa mpli ng ke	%D O	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
3	5	4	4	3	16	IV	Tercemar sedang
4	5	5	5	4	19	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 2 sesuai Tabel 4.24 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar ringan hingga tercemar berat.

Tabel 4.25 Hasil Analisa LISEC Score Titik 3

Sa mpli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	5	3	5	18	V	Tercemar berat
2	5	2	5	5	17	IV	Tercemar sedang
3	5	3	5	5	18	V	Tercemar berat
4	5	5	4	4	18	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 3 sesuai Tabel 4.25 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.26 Hasil Analisa LISEC Score Titik 4

Sa mpli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat

Sam pli ng ke	%D O	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
2	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
3	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
4	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 4 sesuai Tabel 4.26 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar berat.

Tabel 4.27 Hasil Analisa LISEC Score Titik 5

Sam pli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	5	2	5	17	IV	Tercemar sedang
2	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
3	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
4	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 5 sesuai Tabel 4.27 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.28 Hasil Analisa LISEC Score Titik 6

Samp ling ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	5	3	3	16	IV	Tercemar sedang

Samp ling ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
2	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
3	5	5	5	3	18	V	Tercemar berat
4	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 6 sesuai Tabel 4.28 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.29 Hasil Analisa LISEC Score Titik 7

Sa mpli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	5	5	1	5	16	IV	Tercemar sedang
2	5	5	5	4	19	V	Tercemar berat
3	5	4	5	5	19	V	Tercemar berat
4	5	3	4	5	17	IV	Tercemar sedang

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 7 sesuai Tabel 4.29 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.30 Hasil Analisa LISEC Score Titik 8

Sampli ng ke	% DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kat ego ri	Keterangan
1	4	5	2	5	16	IV	Tercemar sedang
2	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
3	5	5	5	5	20	V	Tercemar berat
4	4	4	5	5	18	V	Tercemar berat

Hasil analisa LISEC Score titik sampling 8 sesuai Tabel 4.30 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Maka secara umum kualitas air Saluran Kalibokor jika dilakukan analisis dengan metode LISEC Score masuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

4.3.2 Hasil Analisa Data Dinas Lingkungan Hidup

Data sekunder untuk kualitas air Saluran Kalibokor didapatkan dari DLH. Lokasi titik sampling dari data ini yaitu di titik 2 lokasi sampling penelitian lapangan. Kemudian data tersebut digunakan dalam analisis LISEC Score untuk membandingkan kualitas air pada tahun sebelum dilakukan penelitian lapangan ini. Data sekunder milik DLH yang digunakan hanya data pada tahun 2016 karena data tahun 2014 dan 2015 tidak lengkap. Data tahun 2014 tidak memiliki data nilai fosfat, sedangkan data tahun 2015 tidak memiliki data nilai fosfat dan amonium. Sehingga dengan adanya data yang kurang lengkap maka analisa LISEC Score tidak bisa dilakukan untuk data tahun 2014 dan 2015.

Tabel 4.31 menunjukkan data kualitas air dari DLH pada tahun 2016 yang akan dianalisa menggunakan LISEC Score.

Tabel 4.31 Data Kualitas Air Saluran Kalibokor Tahun 2016

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1.	BOD5	mg/L	7,9
2.	DO	mg/L	1,7
3.	Fosfat	mg/L	0,541
4.	Amonium	mg/L	0,0686
5.	Suhu	°C	32

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup 2017

Kemudian dihitung nilai %DO saturasinya yaitu :

$$\%DO \text{ saturasi} = \frac{\text{Nilai DO lapangan}}{\text{DO eksisting}} \times 100\% \quad (\text{Mozley, 2002})$$

$$\%DO \text{ saturasi} = \frac{1,7}{7,305} \times 100\% = 23,27\%$$

Sehingga jika dimasukkan pada tabel LISEC Score didapatkan skoring seperti Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Hasil Analisa LISEC Score Tahun 2016

%DO	BOD	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Skor	Kategori	Keterangan
5	3	1	3	12	III	Tercemar ringan

Berdasarkan hasil analisa LISEC Score pada tabel 4.32, maka dapat dibandingkan kualitas air pada tahun 2016 dan 2017. Kualitas air tahun 2016 lebih baik daripada tahun 2017 dimana hasil analisa LISEC Score menunjukkan hasil tercemar ringan. Hal ini dipengaruhi oleh buangan air limbah di sepanjang saluran yang berasal dari buangan domestic sehingga nilai polutan organikya tinggi.

4.4 Kualitas Air Berdasarkan BMWP-ASPT

Sampai saat ini metode BMWP-ASPT telah digunakan sebagai standar nasional di Inggris dalam penentuan kualitas air. Metode perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan skor berdasarkan taksa makroinvertebrata yang ditemukan di lokasi sampling menggunakan tabel BMWP-ASPT.
- b. Kemudian total skor taksa makroinvertebrata dibagi dengan jumlah taksa yang ditemukan.

Berikut adalah tabel perhitungan indeks biotik makroinvertebrata menggunakan indeks BMWP-ASPT yang sesuai dikembangkan di Saluran Kalibokor.

Tabel 4.33 BMWP-ASPT Yang Diusulkan Untuk Lokasi Studi (Saluran Kalibokor)

Famili	Skor
Siphonuridae Heptageniidae Leptophlebiidae Ephemerellidae Potamanthidae Ephemeridae Taeniopterygidae Leuctridae Capniidae Perlodidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryaneidae Molannidae Beraidae Odontoceridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae	10
Astacidae Lestidae Agridae Gomphidae Cordulegastridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyiidae Philopotamidae	8
Caenidae Nemouridae Rhyacophilidae Polycentropodidae Limnephilidae	7
Neritidae Viviparidae Ancylidae Hydroptilidae Unionidae Corophiidae Gammaridae Platycnemididae Coenagriidae	6
Mesoveliidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Notonectidae Pleidae Corixidae Halplidae Hygrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Elminthidae Elmidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae	5
Baetidae Sialidae Piscicolidae	4

Famili	Skor
Valvatidae Hydrophiidae Lymnaeidae Physidae Planorbidae Corbiculidae Thiaridae Sundathelpusidae Anodontidae Pilidae Sphaeriidae Glossosomatidae Hirudidae Erpobdellidae Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta (semua kelas)	1

Keterangan : tulisan bercetak tebal adalah famili yang ditambahkan sebagai modifikasi menyesuaikan makroinvertebrata yang ditemukan di lapangan

Berdasarkan rentang skor pada indeks biotik BMWP-ASPT 1-10 maka dapat dibuat klasifikasi tingkat pencemaran air pada Tabel 4.34 berikut.

Tabel 4.34 Skor Terhitung Metode BMWP-ASPT

Kelas	Skor BMWP-ASPT	Keterangan
I	10 – 8.0	Tidak tercemar
II	7.9 – 6.0	Agak tercemar
III	5.9 – 4.0	Tercemar sedang
IV	3.9 – 2.0	Tercemar berat
V	1.9 – 0	Tercemar sangat berat

Sumber : Unggul, 2006

Dari hasil perhitungan skoring metode BMWP-ASPT maka kualitas air setiap lokasi sampling adalah sebagai berikut :

Tabel 4.35 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 1

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	3,25	IV	Tercemar berat
2	3,2	IV	Tercemar berat

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
3	3,6	IV	Tercemar berat
4	3,75	IV	Tercemar berat

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 1 sesuai Tabel 4.35 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar berat.

Tabel 4.36 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 2

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	4,5	III	Tercemar sedang
2	3,6	IV	Tercemar berat
3	4	III	Tercemar sedang
4	4,5	III	Tercemar sedang

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 2 sesuai Tabel 4.36 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat

Tabel 4.37 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 3

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	3,75	IV	Tercemar berat
2	3,25	IV	Tercemar berat

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
3	4	III	Tercemar sedang
4	4	III	Tercemar sedang

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 3 sesuai Tabel 4.37 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.38 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 4

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	4,5	III	Tercemar sedang
2	4	III	Tercemar sedang
3	4	III	Tercemar sedang
4	4	III	Tercemar sedang

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 4 sesuai Tabel 4.38 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang.

Tabel 4.39 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 5

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	3,6	IV	Tercemar berat

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
2	4	III	Tercemar sedang
3	4,5	III	Tercemar sedang
4	3,75	IV	Tercemar berat

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 5 sesuai Tabel 4.39 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Tabel 4.40 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 6

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	4	III	Tercemar sedang
2	4	III	Tercemar sedang
3	4	III	Tercemar sedang
4	4,5	III	Tercemar sedang

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 6 sesuai Tabel 4.40 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang.

Tabel 4.41 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 7

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	6	II	Agak Tercemar
2	3,75	IV	Tercemar berat
3	3,75	IV	Tercemar berat
4	3,75	IV	Tercemar berat

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 7 sesuai Tabel 4.41 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori agak tercemar hingga tercemar berat.

Tabel 4.42 Hasil Interpretasi BMWP-ASPT Titik 8

Sampling ke	Skor BMWP-ASPT	Kelas	Keterangan
1	3,25	IV	Tercemar berat
2	3,6	IV	Tercemar berat
3	4	III	Tercemar sedang
4	4	III	Tercemar sedang

Hasil analisa BMWP-ASPT dengan makroinvertebrata titik sampling 8 sesuai Tabel 4.42 menunjukkan air Saluran Kalibokor termasuk pada kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Berdasarkan data yang sudah disajikan pada tabel di atas, hasil analisa makroinvertebrata dengan metode BMWP-

ASPT, titik 2, 4 dan 6 termasuk pada tercemar sedang. Sedangkan pada titik 1, 3, 5, 7 dan 8 tergolong tercemar berat. Hal ini disebabkan karena di sepanjang Saluran Kalibokor banyak ditemukan pipa-pipa pembuangan limbah domestik yang berasal dari pemukiman penduduk langsung mengalir ke badan air. Secara visual, warna air yang didominasi warna hijau dan coklat keruh disertai bau yang menyengat merupakan bukti nyata bahwa air di Saluran Kalibokor sudah tercemar. Kebiasaan penduduk sekitar yang membuang sampah ke sungai juga menjadi salah satu faktor penyebab tingkat pencemaran yang tinggi di Saluran Kalibokor.

Berdasarkan kondisi lingkungan yang ada di Saluran Kalibokor, jenis hewan makroinvertebrata yang dapat hidup di dalamnya sangat terbatas. Kondisi lingkungan yang buruk diperkuat dengan hasil analisa laboratorium yang menunjukkan beberapa parameter kimiawi tidak memenuhi baku mutu. Parameter kimiawi yang diuji juga merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan hewan makroinvertebrata.

Selain itu faktor hidrolik juga bisa mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata. Arus aliran sungai mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata pada dasar sungai. Kecepatan arus yang besar mampu menghanyutkan makroinvertebrata ke tempat lain sehingga bisa mempengaruhi bentos yang ditemukan saat sampling (Unggul, 2006).

Hal ini juga menjadi penyebab hasil analisis metode fisik-kimia dan metode biologi tidak jauh berbeda.

4.5 Analisa Statistik

Dalam proses penentuan adanya keterkaitan antara kualitas air dengan nilai sifat fisik-kimia air dan indeks biotik, maka dilakukan analisa korelasi dengan uji hipotesis menggunakan distribusi korelasi.

Rumus korelasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$r = \frac{n \sum f_i X_i Y_i - (\sum f_x X_i)(\sum f_y Y_i)}{\sqrt{\{n \sum f_x X_i^2 - (\sum f_x X_i)^2\} \{n \sum f_y Y_i^2 - (\sum f_y Y_i)^2\}}}$$

(Sudjana, 2005)

Dimana :

r = koefisien korelasi

x_i = variabel ke- i = skor metode kimiawi

\bar{x} = rata-rata variabel x

y_i = variabel ke- i = skor hasil makroinvertebrata

\bar{y} = rata-rata variabel y

$n = \sum fx = \sum fy$ = jumlah data

Sehingga berdasarkan rumus diatas dapat dihitung nilai korelasi masing-masing titik sebagai berikut.

Tabel 4.43 Perhitungan Korelasi Titik 1

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	11	3,25	121	10,56	35,75
2	13	3,2	169	10,24	41,6
3	17	3,6	289	12,96	61,2
4	16	3,75	256	14,06	60
Korelasi	0,86				

Tabel 4.44 Perhitungan Korelasi Titik 2

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	13	4,5	169	20,25	58,5
2	20	3,6	400	12,96	72
3	16	4	256	16	64
4	19	4,5	361	20,25	85,5
Korelasi	-0,532				

Tabel 4.45 Perhitungan Korelasi Titik 3

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	18	3,75	324	14,06	67,5

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
2	17	3,25	289	10,56	55,25
3	18	4	324	16	72
4	18	4	324	16	72
Korelasi	0,943				

Tabel 4.46 Perhitungan Korelasi Titik 4

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	20	4,5	400	20,25	90
2	20	4	400	16	80
3	20	4	400	16	80
4	20	4	400	16	80
Korelasi	0				

Tabel 4.47 Perhitungan Korelasi Titik 5

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	17	3,6	289	12,96	61,2
2	20	4	400	16	80
3	20	4,5	400	20,25	90
4	20	3,75	400	14,06	75
Korelasi	0,613				

Tabel 4.48 Perhitungan Korelasi Titik 6

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X^2	Y^2	$X \cdot Y$
1	16	4	256	16	64
2	20	4	400	16	80
3	18	4	324	16	72
4	20	4,5	400	20,25	90
Korelasi	0,522				

Tabel 4.49 Perhitungan Korelasi Titik 7

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X ²	Y ²	X . Y
1	16	6	256	36	96
2	19	3,75	361	14,06	71,25
3	19	3,75	361	14,06	71,25
4	17	3,75	289	14,06	63,75
Korelasi	-0,778				

Tabel 4.50 Perhitungan Korelasi Titik 8

Sampling ke	LISEC Score	BMWP-ASPT	X ²	Y ²	X . Y
1	16	3,25	256	10,56	52
2	20	3,6	400	12,96	72
3	20	4	400	16	80
4	18	4	324	16	72
Korelasi	0,614				

Koefisien korelasi mempunyai nilai (r) $-1 < r < 1$. Harga $r = -1$ menyatakan ada hubungan linier sempurna tak langsung (korelasi negatif) di antara nilai X dan nilai Y . Untuk $r = 1$, menyatakan ada hubungan linier sempurna langsung (korelasi positif) antara X dan Y .

Nilai-nilai (r) lainnya bergerak antara -1 dan $+1$ dimana tanda ($-$) negatif menyatakan korelasi tidak langsung dan tanda ($+$) positif menyatakan korelasi langsung.

Dari hasil analisis ini secara umum menunjukkan bahwa metode BMWP-ASPT mempunyai potensi dapat digunakan untuk menggambarkan kualitas air di Saluran Kalibokor. Hal ini ditunjukkan dengan adanya korelasi positif yang mendekati $+1$ yang bernilai $0,8-0,9$ pada titik 1 dan 3. Nilai korelasi ini diterjemahkan sebagai korelasi langsung antara metode indeks biotik BMWP-ASPT dengan LISEC Score. Korelasi langsung memiliki makna bahwa meningkatnya nilai BMWP-ASPT akan sejalan dengan peningkatan nilai dengan LISEC Score.

Hasil analisis yang berbeda ditunjukkan pada hasil analisis korelasi titik 4, 5, 6 dan 8. Keempat titik ini tidak memiliki korelasi yang kuat antara kedua metode dikarenakan nilai korelasi berkisar antara 0 - 0,6. Sedangkan untuk titik 2 dan 7 berkorelasi negatif yang dimaksudkan bahwa hasil korelasi antara kedua metode yaitu korelasi tidak langsung. Korelasi tidak langsung yaitu keterkaitan antara kedua metode yang sifatnya bertolak belakang (Sudjana, 2005).

Perbedaan hasil analisa korelasi metode LISEC score dan BMWP-ASPT disebabkan beberapa faktor, antara lain :

- ✓ Perbedaan sifat data hasil sampling kualitas air secara fisik-kimiawi yaitu sesaat, sedangkan data hasil sampling kualitas air secara biologis bersifat jangka panjang.
- ✓ Kondisi lingkungan setempat yang berbeda pada setiap titik sampling dan setiap kali sampling (tidak memperhitungkan jika terjadi situasi yang tidak terduga, contoh terdapat pembuangan limbah ke badan air saat dilakukan sampling)
- ✓ Sampling yang hanya dilakukan pada satu musim sehingga keterkaitan antara kedua metode tidak seragam pada setiap titik sampling dikarenakan keberadaan makroinvertebrata pada musim hujan dan kemarau juga berbeda.

Analisa korelasi antara metode kimiawi dan biologi dapat menghasilkan korelasi yang serupa jika digunakan teknik modeling statistik yang disebut *Structure Equational Modelling* (SEM). SEM adalah teknik modeling statistik yang bersifat sangat cross sectional, linear dan umum termasuk analisis faktor, analisis jalur dan analisis regresi. SEM sering digunakan untuk menguji model statistik dalam bentuk model sebab-akibat. Teknik analisis ini juga mempertimbangkan pemodelan interaksi, variabel bebas yang berkorelasi dimana masing-masing diukur dengan banyak indikator. Karakteristik analisis SEM yaitu lebih menerangkan untuk mencari valid tidaknya model yang digunakan (Sarwono, 2010).

4.6 Rekomendasi Pengelolaan Kualitas Air

Hasil analisis kualitas air metode fisik-kimiawi dan metode biologis dengan makroinvertebrata menggunakan indeks biotik menunjukkan kualitas air yang tercemar berat. Jika kualitas air Saluran Kalibokor dibandingkan dengan standar baku mutu yang tertulis pada Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 dan Peraturan Menteri Kesehatan no. 492 tahun 2010 maka didapatkan hasil kualitas air Saluran Kalibokor tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas III. Parameter yang tidak memenuhi kualitas air kelas III yaitu kandungan fosfat, nilai oksigen terlarut, nilai kekeruhan dan BOD. Pencemaran ini dapat diminimalisasi dengan beberapa aspek berikut :

- ✓ Perlu dilakukan pengurasan atau pengerukan saluran secara rutin dari lumpur maupun sampah.¹⁾
- ✓ Perbaikan sistem saluran dan pengerasan saluran dikarenakan masih banyak ditemukan saluran alam yang alurnya seringkali berubah-ubah.¹⁾
- ✓ Pembangunan rumah pompa baru agar jika terjadi luberan air dapat segera dialirkan ke hilir.²⁾
- ✓ Membangun muara-muara dari tanah oloran guna meningkatkan kapasitas debit limpasan maksimum saluran.²⁾
- ✓ Pembuatan tangki septik bagi penduduk di sekitar bantaran Saluran Kalibokor.
- ✓ Pembangunan IPAL komunal untuk mengontrol kualitas air limbah yang dibuang ke saluran.
- ✓ Penertiban rumah penduduk oleh pemerintah daerah yang berada di bantaran saluran.¹⁾
- ✓ Pengawasan terhadap industri-industri yang berpotensi mencemari lingkungan.²⁾
- ✓ Menghimbau penduduk untuk tidak membuang sampah di bantaran Saluran Kalibokor.
- ✓ Penggunaan produk deterjen yang ramah lingkungan.
- ✓ Mensosialisasikan pentingnya normalisasi saluran dengan meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya banjir.¹⁾

Sumber: Riman, 2011¹⁾

Badan Lingkungan Hidup Surabaya, 2008²⁾

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Air Saluran Kalibokor termasuk pada air kelas III dimana kualitas fisik dan kimia yang berpedoman pada standar dari Permenkes no. 492 tahun 2010 dan PP no. 82 tahun 2001. Hasil identifikasi secara fisik dan kimia menunjukkan bahwa air Saluran Kalibokor tidak memenuhi standar kualitas air kelas III. Namun di bagian hulu saluran masih memenuhi baku mutu kualitas air kelas III untuk parameter DO dan fosfat. Pada lokasi sampling lain di Saluran Kalibokor terdapat beberapa parameter yang menyebabkan air saluran tidak memenuhi baku mutu. Parameter tersebut diantaranya nilai DO, kandungan fosfat, nilai BOD dan kekeruhan. Parameter lain seperti pH, suhu, dan amonium sudah memenuhi baku mutu air kelas III. Jika kualitas air dianalisa dengan LISEC Score, air Saluran Kalibokor termasuk pada kualitas air tercemar berat.
2. Penentuan kualitas air melalui metode BMWP-ASPT sebagai indeks biotik dengan menggunakan makroinvertebrata untuk Saluran Kalibokor diperoleh hasil kualitas air saluran yaitu tercemar berat. Makroinvertebrata yang ditemukan di sepanjang saluran terdiri dari 10 famili yang berbeda yaitu Elmidae, Thyariidae, Planorbidae, Corbiculidae, Lymnaeidae, Viviparidae, Anodontidae, Sphaeriidae, Sundathelpusidae dan Tubificidae.
3. Hasil analisa statistik untuk membandingkan hasil penentuan kualitas air dengan metode LISEC Score BMWP-ASPT saling berkorelasi untuk titik 1 dan 3. Titik 4, 5, 6, dan 8 ditemukan tidak berkorelasi antar kedua metode. Sedangkan titik 2 dan 7 terjadi korelasi yang bertolak belakang antara kedua metode.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian serupa untuk kualitas air pada musim kemarau sehingga dapat dibandingkan keberadaan hewan makroinvertebrata pada dua musim yang berbeda.
2. Perlu adanya penelitian yang membandingkan kondisi sungai yang terpolusi dan tidak terpolusi karena keberadaan makroinvertebrata sangat dipengaruhi kondisi fisik dan kimia sungai.
3. Pemantauan dengan makroinvertebrata perlu mempertimbangkan faktor hidrolik seperti kecepatan arus, kedalaman air, dimensi saluran.
4. Pada penelitian selanjutnya dianjurkan dalam penentuan korelasi antara metode biologi dan metode kimiawi menggunakan korelasi dengan grafik p-plot atau dengan metode SEM (Structure Equational Model).

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1995. *Standards Methods For Examination of Water and Wastewater 4th Edition*. Washington DC: American Public Health Publication.
- Apmayasari, A., Mahatma, Radit dan Khairijon. 2015. *Komunitas Makrozoobentos di Sungai Batang Lubuh Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu*. Pekanbaru : Jurusan Biologi Kampus Bina Widya.
- Asdak, Chay. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Australian Bureau of Statistic. 2013. *Statistical Language : Time Series*<http://www.abs.gov.au/websitedbs/a3121120.nsf/home/statistical+language++time+series+data> (diunduh pada 19 Februari 2017).
- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2008. Status Lingkungan Hidup Air. www.lh.surabaya.go.id (diunduh 11 Juni 2017).
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan : USU Press.
- Brito, Cristiane. 2014. *Biological Monitoring Using Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality of Maroaga Stream in the Maroaga Cave System*. Amazon: Presidente Figueiredo.
- Budhiarto, N., M. Affandi, dan M. Noer. 2008. *Eksplorasi dan Visualisasi Morfologis Kerang Air Tawar (Bivalvia : Corbiculidae) di Sungai Brantas Jawa Timur*. Surabaya : Departemen Biologi Universitas Airlangga.
- Darwindra, H. D. 2010. *Titration Redox Permanganate*. Tersedia pada <https://harisdianto.files.wordpress.com/2010/01/titrasi-redoks-permanganat.pdf>. Diakses tanggal 18 Juli 2017.
- Duran, Mustafa dan Suicmez, Menderes. 2007. *Utilization of Both Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters for Evaluating Water Quality of the Stream Cekerek, Tokat, Turkey*. Journal of Environmental Biology, hal. 231-236.

- Duran, Mustafa dan Akyildiz, Gurcay K. 2011. *Evaluating Benthic Macroinvertebrate Fauna and Water Quality of Suleymanli Lake (Buldan-Denizli) in Turkey*. Acta Zoologica Bulgarica, 63 (2), hal. 169-178.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Fachrul, MF. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Ferianita, M., Fachrul, Herman H. dan Sitepu, L. C. 2005. *Komunitas Fitoplankton Sebagai Bio-Indikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- Grahari, Elvany T. 2015. *Kesesuaian Pemeriksaan Kualitas Air Metode Kimiawi dengan Metode Biologi Extended Trent Biotic Index Terhadap Sungai Kali Wonokromo Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Gujarati, Damodar. 2003. *Ekonometri Dasar*. Terjemahan: Sumarno Zain. Jakarta: Erlangga.
- Hakim, Ayu Ratri W.H. dan Trihadiningrum, Yulinah. 2012. *Studi Kualitas Air Sungai Brantas Berdasarkan Makroinvertebrata*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, 1(1), hal. 1-6.
- Izzudin, F. 2004. *Pengetahuan Lingkungan*. Kawan Pustaka : Jakarta.
- Kalyoncu, H dan Zeybek M. 2011. *An application of different biotic and diversity indices for assessing water quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey)*. Afr J Agricultural Res, 2011, 6(1), hal. 19–27.
- Li, L., Zheng, Binghui dan Liu Lusan. 2010. *Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends*. Procedia Environmental Science 2, hal. 1510-1524.
- Maruru, Stevi Mardiani M. 2012. *Studi Kualitas Air Sungai Bone Dengan Metode Biomonitoring*. Skripsi. Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo.

- Mahajoeno, Edwi, Efendi M., dan Ardiansyah. 2001. *Biodiversity of Insect Larvae in Streams at Jobolarangan Forest*. Surakarta : Jurusan Biologi FMIPA UNS.
- Mozley, Sam. 2002. *Calculating Oxygen Percent Saturation*. Tersedia pada <https://projects.ncsu.edu/cals/course/zo419/oxygen.html>. Diakses tanggal 20 Juli 2017.
- Ojija, Frederick dan Laizer, Hudson. 2016. *Macro Invertebrates As Bio Indicators Of Water Quality In Nzovwe Stream, In Mbeya, Tanzania*. International Journal of Scientific & Technology Research, 5 (6), hal. 211-222.
- Pararaja, A. 2008. *Metode Pengolahan Air*. <http://pararaja.wordpress.com> (diunduh 20 Desember 2016).
- Patty, Simon I. 2013. *Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara*. Jurnal Ilmiah Platax, 1 (3), hal. 148-157.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 2 Tahun 2004. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Priyambada, I, B, Oktiawan, W, Suprpto, R. P. E. 2008. *Analisa Pengaruh Perbedaan Fungsi Tata Guna Lahan terhadap Beban Cemar BOD Sungai (Studi Kasus Sungai Serayu Jawa Tengah)*. Jurnal Presipitasi, 5 (2), hal. 55-62.
- Rahayu S, Widodo R.H., van Noordwijk M., Suryadi I., dan Verbist B. 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office.
- Riman. 2011. *Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan di Kawasan Kota Metropolitan Surabaya*. Jurnal Widya Teknika Vol 19 (2) Hal : 39-46.
- Risamasu, Fonny J.L. dan Prayitno, Hanif B. 2011. *Kajian Zat Hara Fosfat, Nitrit, Nitrat dan Silikat di Perairan*

- Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan*. Jurnal Ilmu Kelautan, 16 (3), hal. 135-142.
- Salmin. 2000. *Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara. Karang dan Teluk Banten*. Dalam : *Foraminifera Sebagai Bioindikator Pencemaran*. Jurnal Oseana 3, hal. 21 -26.
- Sarwono, Jonathan. 2010. *Pengertian Dasar Structural Equation Modelling (SEM)*. Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis, 10 (3), hal. 173-182.
- Setijanto, dan Wibowo, Dwi N. 2011. *Kajian Berbagai Metode Pendekatan Penggunaan Makroinvertebrata Bentik Sebagai Alat Pemantau Pencemaran Organik Untuk Perairan Tropik*. Jurnal Sains MIPA, 17 (1), hal. 7-14.
- Sholich, A. 2006. *Kualitas Kali Surabaya Berdasarkan Komunitas Makroinvertebrata dan Kondisi Ekologik Struktur Sungai*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Simamora. 2009. *Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Padang Kota Tebing Tinggi*. Medan : Departemen Biologi Universitas Sumatera Utara.
- Sudjana. 2005. *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi Bagi Para Peneliti*. Bandung : PT. Tarsita.
- Suminar, Ayu L. 2015. *Kesesuaian Pemeriksaan Kualitas Air Metode Kimiawi dengan Metode Biologi Extended Trent Biotic Index Terhadap Sungai Kalimas Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Thompson B, Lowe S. 2004. *Assesment of Macro Benthos Respond to Sediment Contamination in the San Fransisco Estuary*. J Environ Toxico, hal. 127.
- Tjokrokusumo, Sabaruddin. 2006. *Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator*. J Hidrosfir, 1 (1), hal. 8-20.
- Trihadiningrum, Y., dan I. Tjondronegoro. 1998. *Bioindikator Pencemaran Badan Air Tawar di Indonesia : Siapakah Kita*. Lingkungan dan Pembangunan.
- Trihadiningrum, Yulinah. 1995. *Strategy towards water quality management of the Blawi river system in East Java, Indonesi* *Strategy towards water quality management of*

- the Blawi river system in East Java, Indonesia.*
Universitaire Instelling Antwerpen: Belgia.
- Unggul, Indah P. M. 2006. *Biomonitoring Kualitas Air Sungai Sampeyan Bondowoso dilihat dari Keanekaragaman Makroinvertebrata dan Kualitas Ekologi Struktur Sungai.* Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Yusuf, Muhammad. 2008. *Pengertian dan Sumber Pencemaran Perairan.* Jakarta : Gramedia.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN A

Prosedur Analisis Laboratorium

A.1 Analisis Nilai Permanganat

Alat dan bahan

- Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 4 N yang bebas organik
- Larutan asam oksalat 0,1 N
- Larutan Kalsium Permanganat (KMnO_4)
- Pemanas listrik
- Buret 25 ml atau 50 ml
- Erlenmeyer 250 ml 1 buah
- Gelas ukur 100 ml
- Pipet 10 ml, 1ml

Prosedur Analisis PV

- Tuangkan sampel air sebanyak 100 ml dengan gelas ukur
- Tambahkan 2,5 ml asam Sulfat 4 N bebas organik
- Tambahkan beberapa tetes larutan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01N hingga terjadi warna merah muda.
- Panaskan hingga mendidih selama 1 menit.
- Tambahkan 10 ml larutan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01 N.
- Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
- Tambahkan 1ml larutan asam Oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih.
- Titrasasi dengan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01 N sampai timbul warna merah muda.
- Hitung nilai Permanganat dengan rumus berikut:

$$\text{KMnO}_4 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{1000}{\text{volume sampel}} \times \left(\left\{ (10 + a) \times N \right\} - (1 \times 0,1) \right) \times 31,6 \times P$$

Dimana

a = volume titrasi larutan Kalium Permanganat (KMnO_4)

N = normalitas larutan Kalium Permanganat

P = pengenceran

(Sumber : APHA, 1995)

A.2 Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. Larutan buffer fosfat
2. Larutan MgSO_4
3. Larutan CaCl_2
4. Larutan FeCl_3
5. Larutan MnSO_4
6. Larutan pereaksi oksigen
7. Larutan indikator amilum 1%
8. Larutan natrium thiosulfat 0,0125 N
9. H_2SO_4 Pekat
- 10.1 buah labu ukur berukuran 500 mL
- 11.2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 ml
12. Gelas ukur 100 ml
13. Pipet ukur 10 ml
14. Pipet tetes
15. Erlenmeyer 250 ml
16. Inkubator suhu 20°C

Prosedur Analisis Pembuatan Air Pengencer:

1. Memasukkan air kran ke dalam ember plastik sebanyak 1 liter
2. Menambahkan 1 ml larutan buffer fosfat ke dalam ember
3. Menambahkan 1 ml larutan MgSO_4 ke dalam ember
4. Menambahkan 1 ml larutan CaCl_2 ke dalam ember
5. Menambahkan 1 ml larutan FeCl_3 ke dalam ember
6. Menambahkan 1 ml larutan sampel ke dalam ember (larutan bakteri terbuat dari air kolam yang sudah diaerasi selama 2 jam)
7. Melakukan aerasi larutan di dalam ember selama 2 jam

Prosedur Analisis BOD:

1. Perhitungan pengenceran melalui KMnO_4 yaitu dengan rumus :

$$P = \frac{\text{angka KMnO}_4}{3 \text{ atau } 5}$$

2. Menyiapkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, kemudian menuangkan sampel ke dalam labu ukur 500 ml dan menambahkan air pengencer hingga tanda batas
3. Menuangkan air sampel kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati – hati
4. Menuangkan air pengencer sebagai blanko kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winkler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati- hati
5. Membungkus 2 botol winkler 300 ml menggunakan *plastic wrap*
6. Memasukkan 2 botol winkler 300 mL ke dalam inkubator 20 °C selama 5 hari.
7. Menganalisis kadar oksigen terlarut (DO_0) larutan yang berada di dalam 2 buah botol winkler 150 ml, dengan prosedur berikut:
 - ✓ Menambahkan 1 ml $MnSO_4$
 - ✓ Menambahkan 1 ml pereaksi oksigen
 - ✓ Menutup botol winkler dengan hati-hati kemudian mengocoknya beberapa kali
 - ✓ Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - ✓ Menambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat kemudian menutup botol dan mengocoknya kembali
 - ✓ Menuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml
 - ✓ Menambahkan 3 tetes indikator amilum
 - ✓ Titrasi larutan dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N hingga warna biru larutan hilang menjadi bening dan dihitung nilai DO_0
8. Setelah 5 hari, analisis kadar oksigen terlarut (DO_5) kedua larutan dalam botol winkler 300 ml (prosedur analisis DO sama dengan langkah pada nomor 7)
9. Perhitungan nilai BOD dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BOD_{\frac{20}{5}} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Keterangan:

X_0 : DO sampel pada $t = 0$

X_5 : DO sampel pada $t = 5$

B_0 : DO blanko pada $t = 0$

B_5 : DO blanko pada $t = 5$

P : derajat pengenceran

(Sumber : APHA, 1995)

A.3 Analisis DO (*Dissolved Oxygen*)

Alat dan Bahan

1. Larutan mangan sulfat ($MnSO_4$)
2. Larutan pereaksi oksigen
3. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat
4. Larutan indikator amilum 1 %
5. Larutan standart natrium tiosulfat 0,0125 N
6. Botol winkler 150 mL 1 buah
7. Gelas ukur 100 mL 1 buah
8. Erlenmeyer 250 mL 1 buah
9. Buret 25 mL 1 buah
10. *Beaker glass* 50 mL 1 buah
11. Pipet 5 mL dan 10 mL
12. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Mengambil sampel langsung dengan cara memasukkan botol winkler 150 ml ke dalam air sampai botol winkler penuh selanjutnya tutup botol
2. Menambahkan 1 ml $MnSO_4$
3. Menambahkan 1 ml pereaksi oksigen
4. Menutup botol winkler dengan hati-hati kemudian mengocoknya beberapa kali
5. Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
6. Menambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat kemudian menutup botol dan mengocoknya kembali
7. Menuangkan 100 ml larutan ke dalam Erlenmeyer 250 ml
8. Menambahkan 3 tetes indikator amilum
9. Titrasi larutan dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang menjadi bening
10. Menghitung oksigen terlarut dengan menggunakan rumus:

$$\text{DO (mg/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

Keterangan :

a : volume titran (mL)

N : normalitas larutan Na-tiosulfat (0,0125 N)

100 mL : volume sampel yang digunakan dalam titrasi

(Sumber : APHA, 1995)

A.4 Analisis Amonium (NH_4^+)

Alat dan Bahan

1. Larutan amonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
2. Larutan klorid timah (SnCl)
3. Erlenmeyer
4. Larutan garam signet
5. Larutan nessler
6. Spektrofotometer dan kuvet
7. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
8. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
9. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
2. Menambahkan 1 ml larutan nessler
3. Menambahkan 1,25 ml larutan garam signet
4. Mengaduk dan membiarkan selama 10 menit
5. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 411 μm
6. Nilai absorbansi dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

(Sumber : APHA, 1995)

A.5 Analisis Fosfat (PO_4^{3-})

Alat dan Bahan

1. 100 ml erlenmeyer sebanyak 2 buah
2. Spektrofotometer dan kuvet
3. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
4. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Mengambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
 2. Menambahkan 1 ml larutan amonium molybdate
 3. Menambahkan 2-3 tetes larutan klorid timah
 4. Mengaduk dan membiarkan selama 7 menit
 5. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 μm
 6. Nilai absorbansi dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi
- (Sumber : APHA, 1995)

A.6 Analisis Salinitas Air

Alat dan Bahan :

1. Salinity meter
2. Aquades
3. Air sampel


Prosedur Analisis :



1. Sampel air diambil 10 ml
2. Sampel diukur dengan salinitymeter
3. Angka salinitas terbaca pada alat



LAMPIRAN B

Karakteristik Makroinvertebrata

Tabel B.1 Karakteristik Makroinvertebrata Saluran Kalibokor

Makroinvertebrata	Karakteristik	Gambar
<p>Viviparidae (Filum: <i>Mollusca</i> kelas: <i>Gastropoda</i>)</p>	<p>Ciri-ciri: Berbentuk bundar mengerucut, berukuran kecil, memiliki cangkang tipis yang melingkar memuncak, operculum yang tebal dan berkapur dengan inti yang konsentris. Ukuran mencapai 12 mm. Habitat: dedaunan sekitar sungai pada aliran tenang. Tingkah laku: melekat. Herbivora</p>	
<p>Lymnaeidae (Filum: <i>Mollusca</i> kelas: <i>Gastropoda</i>)</p>	<p>Ciri-ciri: Memiliki cangkang yang licin dengan lingkaran badan lebar, daging pada bagian kaki lebar, tentakel berbentuk segitiga Ukuran: hingga 20 mm Habitat: dedaunan sekitar sungai pada aliran tenang Tingkah laku: melekat Herbivora</p>	
<p>Planorbidae (Filum: <i>Mollusca</i> kelas: <i>Gastropoda</i>)</p>	<p>Ciri-ciri: cangkang <i>planispiral</i> tanpa operculum, cangkang oval tanpa <i>prominent</i> Ukuran: hingga 15 mm</p>	

Makroinvertebrata	Karakteristik	Gambar
	<p>Habitat: dedaunan sekitar sungai pada aliran tenang</p> <p>Tingkah laku: berenang</p> <p>Herbivora</p>	
<p>Thyariidae (Filum: <i>Mollusca</i> kelas: <i>Gastropoda</i>)</p>	<p>Memiliki cangkang tinggi sampai 70 mm, diameter 22 mm, tebal, panjang meruncing kearah puncak. Warna kehijau-kecoklatan, kekuningan atau coklat kekuningan, kadang bersabuk-sabuk warna gelap. Jumlah seluk 12-14 seluk akhir besar. Tepinya cangkang menyiku atau agak membulat. Habitat perairan tenang sampai berarus agak deras atau sedang sampai 500 m dpl. Jenis ini hidup dengan menempel di bebatuan dan cenderung menyukai berpasir dan sedikit berlumpur.</p>	
<p>Tubificidae (Filum: <i>Annelida</i> kelas: <i>Oligochaeta</i>)</p>	<p>Ciri-ciri: warna tubuh merah kecoklatan, mempunyai dinding tubuh yang cukup tebal terdiri dari 2 lapis otot yang membujur dan melingkar sepanjang tubuhnya</p> <p>Habitat : banyak hidup di air tawar sebagai cacing detritus</p> <p>Ukuran: panjang tubuh 10-20 mm, yang terdiri dari 30-60 segmen.</p>	

Makroinvertebrata	Karakteristik	Gambar
<p>Elmidae (Filum : Insekta kelas : Coleoptera)</p>	<p>Labium terpisah dari kepala dengan suture yang sempurna. Kaki bersegmen 5, termasuk pretarsus (cakar). Ujung abdomen dengan sambungan operkulum pada bagian ventral yang menutupi 3 rambut-rambut halus yang muncul sebagai insang yang pipih. Panjang antena kurang dari setengah lebar kepala; tubuh memanjang, tidak terlalu melebar dan cenderung pipih. Kepala terlihat jelas (Lawrence, 1995).</p>	
<p>Corbiculidae (Filum : Mollusca kelas : Bivalvia)</p>	<p>Memiliki bentuk keseluruhan cangkang oval-oval memanjang, agak menggembung, tipis dan agak transparan. Permukaan cangkang bagian luar pada individu yang masih muda berwarna putih transparan dengan sedikit warna violet pada daerah umbo, pada individu yang lebih dewasa permukaan cangkang bagian luar berwarna hijau keunguan hingga coklat kehijauan</p>	

Makroinvertebrata	Karakteristik	Gambar
Sundathelpusidae	<p>Kepiting bertubuh kecil; spesimen jantan terbesar dengan panjang dan lebar karapas berturut-turut 30 dan 40 mm. Kaki-kakinya (<i>pareopod</i>) ramping; terdapat sebuah duri kecil yang runcing di ujung masing masing ruas <i>merus</i>, dekat persendian dengan ruas <i>carpus</i>, bergigi bergerigi. Punggung berwarna kecokelatan hingga gelap dan terdapat pola lekukan di punggung serupa huruf V atau U dengan sisi atas melebar.</p>	
Pilidae	<p>Memiliki tinggi cangkang sampai 40 mm dengan diameter 15–25 mm; bentuknya seperti kerucut membulat dengan warna hijau-kecokelatan atau kuning kehijauan. Puncak cangkang agak runcing, tepi cangkang menyiku tumpul pada yang muda, agak cembung, seluk akhir besar, umumnya hitam. Operculum agak bundar telur, tipis, agak cekung, coklat kehitaman.</p>	

Makroinvertebrata	Karakteristik	Gambar
Anadonta	<p>Cangkang terdiri dari dua bagian sama besar, yang disatukan oleh ligament. Tubuh lunak berada didalam cangkang. Tubuh terdiri dari massa visceral yang melekat di bagian dorsal. Memiliki garis pertumbuhan yang konsentris. Bagian dorsal yang menonjol disebut umbo. Memiliki kaki yang berotot terletak di bagian anteroventral massa visceral. Bersifat hermaprodit</p>	
Sphaeriidae	<p>Hewan hermaprodit dengan fertilisasi internal. Proses mengembangkan anakan dengan diinkubasi di dalam tubuh ibu mereka (ovoviviparity), dan kerang yang baru lahir terlihat seperti salinan miniatur orang dewasa. Merupakan parasit dan / atau predator.</p>	

Sumber : Grahari, 2015 ; Suminar, 2015 ; Apmayasari, 2015 ; Mahajoeno, 2001 dan Budhiarto, 2008

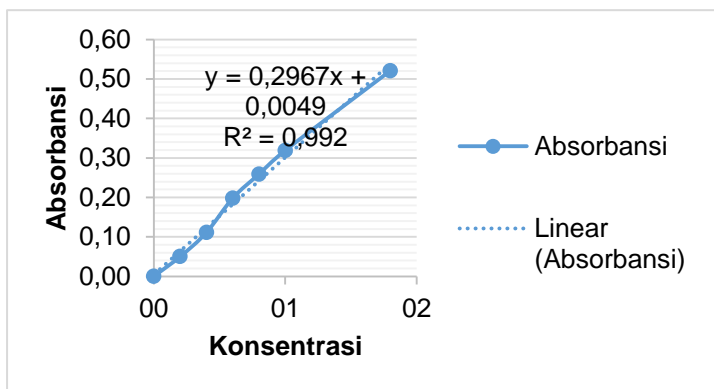
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C

Hasil Analisa Laboratorium

I. Hasil Penelitian Lapangan Parameter Fisik-Kimiawi

Pada penelitian ini diambil 7 parameter yaitu kekeruhan, pH, suhu, kadar fosfat, kadar amonium, nilai oksigen terlarut (DO) dan nilai BOD. Dalam pengukuran nilai fosfat dan amonium digunakan kurva kalibrasi untuk menentukan kadar zat tersebut dalam air. Kurva kalibrasi seperti terlihat pada Gambar C.1 dan C.2 berikut ini.



Gambar C.1 Kurva Kalibrasi Amonium

Dengan menggunakan kurva kalibrasi maka dihitung nilai x, dimana x adalah nilai kadar amonium dalam air dan y adalah nilai yang terbaca pada spektrofotometer.

Contoh :

$$y = 0,2967x + 0,0049$$

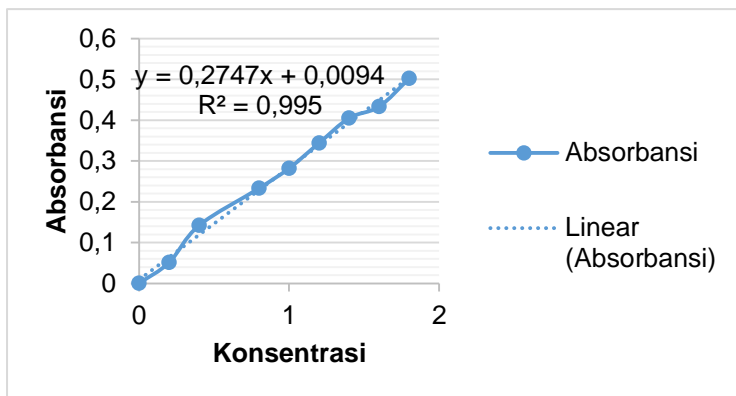
$$y \text{ titik 1 sampling 1} = 0,142 \text{ A}$$

maka nilai x yaitu :

$$0,142 = 0,2967x + 0,0049$$

$$0,142 - 0,0049 = 0,2967x$$

$$\begin{aligned}
 0,1371 &= 0,2967x \\
 x &= \frac{0,1371}{0,2967} \\
 x &= 0,462 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar C.2 Kurva Kalibrasi Fosfat

Perhitungan diatas juga berlaku pada perhitungan kadar fosfat. Dengan menggunakan kurva kalibrasi maka dihitung nilai x, dimana x adalah nilai kadar fosfat dalam air dan y adalah nilai yang terbaca pada spektrofotometer.

Contoh :

$$y = 0,2747x + 0,0094$$

$$y \text{ titik 1 sampling } 1 = 0,175 \text{ A}$$

maka nilai x yaitu :

$$0,175 = 0,2747x + 0,0094$$

$$0,175 - 0,0094 = 0,2747x$$

$$0,1656 = 0,2747x$$

$$x = \frac{0,1656}{0,2747}$$

$$x = 0,602 \text{ mg/L}$$

Hasil pengukuran nilai kekeruhan dan pH dilakukan pembacaan langsung pada turbidimeter dan pH meter. Sedangkan untuk analisa DO dihitung menggunakan rumus seperti yang tercantum pada lampiran A.3. Hasil analisa BOD menggunakan rumus pada lampiran A.2 dengan angka pengenceran dari analisa nilai permanganat yang dihitung dengan rumus pada lampiran A.1.

A. Hasil Analisa Titik 1

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.1 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 1

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titrasi DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	68,4	7,5	28	0,175	0,6028	0,142	0,4621	2,8	0,0142	3,1808
2	82,3	7,43	29	0,053	0,7935	0,039	0,5747	2,5	0,0108	2,174
3	129	7,24	28	0,122	2,0495	0,101	1,6195	1,9	0,0108	1,6522
4	206	7,28	29	0,075	1,1940	0,111	1,7880	2,5	0,0143	2,8572

Tabel C.2 Analisa Nilai Permanganat Titik 1

Samp ling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1	10	5,1	1	100	19,3
2	1	10	5,2	1	100	19,6
3	1	10	4,5	1	100	17,4
4	1	10	1,3	4	25	116,3

Tabel C.3 Analisa BOD Titik 1

Samp ling ke	Analisis BOD												
	P	Volu me samp el	Titra si DO ₀ (ml)	Titra si Blan ko DO ₀ (ml)	Na- Tiosul fat (N)	Nilai DO ₀ (mg/ L)	Nilai Blan ko DO ₀ (mg/ L)	Titra si DO ₅ (ml)	Titra si Blan ko DO ₅ (ml)	Na- Tiosul fat (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blank o DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/ L)
1	5	100	6,5	6,4	0,013	6,65	7	4	5,1	0,015	4,768	6,079	7,07
2	5	100	5,6	5,6	0,011	4,86	5	3,3	5,2	0,011	2,7788	4,378	7,99
3	6	83,3	6,3	6,4	0,013	6,3	6	2	3,5	0,017	2,712	4,746	11,60
4	35	14,3	6,6	7,1	0,013	6,6	7	5,4	6,5	0,012	4,968	5,98	17,92

B. Hasil Analisa Titik 2

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.4 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 2

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	25,4	7,47	29	0,237	0,829	0,223	0,735	2	0,014	2,272
2	30,4	7,48	29	0,206	3,578	0,682	11,411	0	0,011	0,000
3	46,7	7,29	29	0,04	0,557	0,173	2,833	2	0,011	1,739
4	312	7,24	27	0,079	1,267	0,318	5,276	1,3	0,014	1,486

Tabel C.5 Analisa Nilai Permanganat Titik 2

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1	10	5,7	1	100	21,17
2	1,5	10	8,3	1	100	30,97
3	1	10	5,8	1	100	21,5
4	1	10	3,1	4	25	207,3

Tabel C.6 Analisa BOD Titik 2

Sa mpli ng ke	Analisis BOD												
	P	Vol ume sam pel (ml)	Titra si DO ₀ (ml)	Titra si Blan ko DO ₀ (ml)	Na- Tiosulfa t (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blan ko DO ₀ (mg/ L)	Titra si DO ₅ (ml)	Titra si Blan ko DO ₅ (ml)	Na- Tiosulf at (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blank o DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	5	100	6,3	6,4	0,0128	6,451	7	3,7	5,1	0,015	4,410	6,08	7,83
2	10	50	5,2	5,6	0,0109	4,522	5	2,7	5,2	0,011	2,274	4,38	17,57
3	7	71,4	6,3	6,4	0,0125	6,3	6	2,4	3,5	0,017	3,254	4,75	9,74
4	60	8,3	6,6	7,1	0,0125	6,6	7	5,6	6,5	0,012	5,152	5,98	19,68

C. Hasil Analisa Titik 3

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.7 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 3

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	29,6	7,44	30	0,566	2,0262	0,418	1,3923	1,5	0,0142	1,704
2	19,7	7,24	29	0,096	1,5763	0,502	8,3771	0	0,0109	0
3	22,5	7,31	28	0,094	1,54	0,378	6,2875	1,1	0,0109	0,957
4	32,5	7,2	27	0,07	1,103	0,23	3,7934	1,5	0,0143	1,714

Tabel C.8 Analisa Nilai Permanganat Titik 3

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO_4 awal (ml)	Penambahan KMnO_4 (ml)	Titration KMnO_4 akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1,5	10	7,2	1	100	27,5
2	1	10	6,9	1	100	24,96
3	1,5	10	4,2	1	100	18,012
4	1,5	10	6,5	1	100	25,3

Tabel C.9 Analisa BOD Titik 3

Sa mpli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volume sampel dalam 500 ml (ml)	Titras ⁱ DO ₀ (ml)	Titras ⁱ Blanko DO ₀ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₀ (mg/L)	Titras ⁱ DO ₅ (ml)	Titras ⁱ Blanko DO ₅ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	11	45,5	6,5	6,4	0,013	6,66	7	2,7	5,1	0,015	3,218	6,079	32,6
2	5	100	4,4	5,6	0,011	3,83	5	2,7	5,2	0,011	2,274	4,379	5,31
3	6	83,3	6,2	6,4	0,013	6,2	6	2,4	3,5	0,017	3,254	4,746	7,75
4	10	50	6,3	7,1	0,013	6,3	7	3,7	6,5	0,012	3,404	5,98	17,8

D. Hasil Analisa Titik 4

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.10 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 4

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	14,6	7,57	29	0,942	3,395	3,295	11,089	0	0,0142	0
2	25,7	7,33	29	0,24	4,197	0,873	14,629	0	0,0109	0
3	29,9	7,27	30	0,115	1,922	1,246	20,915	0	0,0109	0
4	20,2	7,22	28	0,159	2,723	0,659	11,023	0	0,0143	0

Tabel C.11 Analisa Nilai Permanganat Titik 4

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	2	10	11,9	1	100	43,924
2	2	10	7,6	1	100	30,336
3	2	10	8,2	1	100	32,232
4	2	10	8,3	1	100	32,548

Tabel C.12 Analisa BOD Titik 4

Sa m pli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volu me samp el dalam 500 ml (ml)	Titra si DO ₀ (ml)	Titra si Blan ko DO ₀ (ml)	Na- Tiosulfa t (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blan ko DO ₀ (mg/L)	Titra si DO ₅ (ml)	Titra si Blan ko DO ₅ (ml)	Na- Tiosulf at (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blank o DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	10	50	6,1	6,4	0,013	6,25	7	3,3	5,1	0,015	3,93	6,079	18,38
2	10	50	4,9	5,6	0,0109	4,26	5	2	5,2	0,011	1,68	4,379	20,86
3	11	45,5	5,9	6,4	0,0125	5,9	6	1,7	3,5	0,017	2,31	4,746	21,35
4	10	50	6	7,1	0,0125	6	7	2,5	6,5	0,012	2,3	5,98	25,8

E. Hasil Analisa Titik 5

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.13 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 5

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	20,1	7,57	30	0,711	2,554	0,267	0,883	1,8	0,014	2,05
2	18,5	7,6	28	0,218	3,797	0,828	13,871	0	0,011	0
3	15,7	7,26	28	0,136	2,304	1,287	21,606	0	0,011	0
4	16,3	7,16	27	0,14	2,377	0,665	11,124	0	0,014	0

Tabel C.14 Analisa Nilai Permanganat Titik 5

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1	10	4,8	2	50	73,312
2	2,5	10	10,5	1	100	41,08
3	3,5	10	11,1	1	100	46,136
4	3	10	9,4	1	100	39,184

Tabel C.15 Analisa BOD Titik 5

Sa m pli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volume sampel dalam 500 ml (ml)	Titrasi DO ₀ (ml)	Titrasi Blanko DO ₀ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₀ (mg/L)	Titrasi DO ₅ (ml)	Titrasi Blanko DO ₅ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	25	20	6,3	6,4	0,0128	6,45	7	4,2	5,1	0,0149	5,01	6,08	24,26
2	10	50	4,7	5,6	0,0109	4,09	5	1	5,2	0,0105	0,84	4,38	27,54
3	15	33,3	6,2	6,4	0,0125	6,2	6	1,4	3,5	0,0170	1,90	4,75	39,71
4	12	41,7	6,4	7,1	0,0125	6,4	7	2,9	6,5	0,0115	2,67	5,98	31,34

F. Hasil Analisa Titik 6

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.16 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 6

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	22,3	7,4	31	0,221	0,770	0,364	1,210	0	0,014	0
2	16,1	7,4	30	0,18	3,105	0,735	12,304	0	0,011	0
3	20,8	7,4	30	0,042	0,593	1,062	17,814	0	0,011	0
4	15,4	7,2	28	0,114	1,904	0,417	6,945	0	0,014	0

Tabel C.17 Analisa Nilai Permanganat Titik 6

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	2	10	9,6	1	100	36,656
2	1,5	10	7,3	1	100	27,808
3	1,5	10	7,1	1	100	27,176
4	2	10	7,7	1	100	30,652

Tabel C.18 Analisa BOD Titik 6

Sa m pli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volume sampel dalam 500 ml (ml)	Titrasasi DO ₀ (ml)	Titrasasi Blanko DO ₀ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₀ (mg/L)	Titrasasi DO ₅ (ml)	Titrasasi Blanko DO ₅ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	10	50	6,3	6,4	0,013	6,5	7	2,6	5,1	0,015	3,1	6,08	28,9
2	10	50	4,7	5,6	0,011	4,1	5	2,4	5,2	0,011	2,02	4,38	15,8
3	9	55,6	6,1	6,4	0,013	6,1	6	1,7	3,5	0,017	2,31	4,75	19,3
4	10	50	6,4	7,1	0,013	6,4	7	3,4	6,5	0,012	3,13	5,98	21,5

G. Hasil Analisa Titik 7

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.19 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 7

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	9,38	7,39	31	0,633	2,27	0,11	0,354	0	0,014	0
2	12,5	7,4	28	0,081	1,30	0,575	9,607	0	0,011	0
3	10,2	7,27	30	0,17	2,92	0,631	10,55	0	0,011	0
4	6,88	7,2	26	0,129	2,18	0,229	3,777	0	0,014	0

Tabel C.20 Analisa Nilai Permanganat Titik 7

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO ₄ awal (ml)	Penambahan KMnO ₄ (ml)	Titration KMnO ₄ akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1,5	10	6,3	1	100	24,648
2	1,5	10	5,7	1	100	22,752
3	1	10	5	1	100	18,96
4	1	10	6,5	1	100	23,7

Tabel C.21 Analisa BOD Titik 7

Sa m pli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volume sampel dalam 500 ml (ml)	Titrasasi DO ₀ (ml)	Titrasasi Blanko DO ₀ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₀ (mg/L)	Titrasasi DO ₅ (ml)	Titrasasi Blanko DO ₅ (ml)	Na-Tiosulfat (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blanko DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	10	50	6,4	6,4	0,013	6,6	7	3,8	5,1	0,015	4,53	6,08	15,50
2	5	100	4,7	5,6	0,011	4,1	5	1	5,2	0,011	0,84	4,38	13,77
3	6	83,3	6,5	6,4	0,013	6,5	6	2,1	3,5	0,017	2,85	4,75	11,99
4	8	62,5	6,2	7,1	0,013	6,2	7	4,3	6,5	0,012	3,96	5,98	8,99

H. Hasil Analisa Titik 8

Hasil analisa sampling ini adalah perhitungan lengkap analisa laboratorium.

Tabel C.22 Analisa Kekeruhan, pH, Suhu, Fosfat, Amonium dan DO Titik 8

Sampling ke	Kekeruhan (NTU)	Nilai (pH)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran Fosfat (A)	Fosfat (mg/L)	Hasil Pengukuran Amonium (A)	Amonium (mg/L)	Analisis DO		
								Titration DO (ml)	Na-Tiosulfat (N)	DO (mg/L)
1	17,7	7,5	29	0,587	2,10	0,238	0,79	2,5	0,0142	2,84
2	29,4	7,5	29,5	0,194	3,36	0,703	11,76	1,9	0,0109	1,65
3	17,1	7,4	30	0,218	3,80	0,809	13,55	2	0,0109	1,74
4	20,1	7,3	27	0,095	1,56	0,302	5,01	3	0,0143	3,43

Tabel C.23 Analisa Nilai Permanganat Titik 8

Sampling ke	Analisis PV					
	Titration KMnO4 awal (ml)	Penambahan KMnO4 (ml)	Titration KMnO4 akhir (ml)	Faktor Pengenceran	Volume Sampel (ml)	Nilai PV
1	1	10	5,5	2	50	82,16
2	1,5	10	6,5	1	100	25,28
3	1	10	7	1	100	25,28
4	1	10	6,4	1	100	23,384

Tabel C.24 Analisa BOD Titik 8

Sa m pli ng ke	Analisis BOD												
	P	Volu me samp el dalam 500 ml (ml)	Titra si DO ₀ (ml)	Titra si Blan ko DO ₀ (ml)	Na- Tiosulfa t (N)	Nilai DO ₀ (mg/L)	Nilai Blank o DO ₀ (mg/L)	Titras i DO ₅ (ml)	Titra si Blan ko DO ₅ (ml)	Na- Tiosulfa t (N)	Nilai DO ₅ (mg/L)	Nilai Blank o DO ₅ (mg/L)	Nilai BOD ₅ (mg/L)
1	27	18,5	6,5	6,4	0,013	6,7	7	3,3	5,1	0,015	3,93	6,08	60,7
2	5	100	4,8	5,6	0,011	4,2	5	0,65	5,2	0,011	0,55	4,38	15,7
3	8	62,5	6,3	6,4	0,013	6,3	6	1,6	3,5	0,017	2,17	4,75	19,8
4	8	62,5	6,4	7,1	0,013	6,4	7	4,2	6,5	0,012	3,86	5,98	11,3

II. Hasil Penelitian Lapangan Parameter Biologis (BMWP-ASPT)

Pada analisa hasil perhitungan parameter biologis dengan BMWP-ASPT dilakukan perhitungan jumlah makroinvertebrata yang ditemukan. Data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel C.25 sampai C.28.

A. Hasil Analisa Sampling I

Tabel C.25 Makroinvertebrata Sampling I

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
1	Viviparidae	121	6	3,25
	Tubificidae	9	1	
	Thiaridae	478	3	
	Sphaeriidae	2	3	
2	Thiaridae	64	3	4,5
	Viviparidae	51	6	
3	Lymnaeidae	26	3	3,75
	Viviparidae	107	6	
	Thiaridae	3	3	
	Sphaeriidae	9	3	
4	Viviparidae	40	6	4,5
	Lymnaeidae	19	3	
5	Corbiculidae	3	3	3,6
	Viviparidae	3	6	
	Lymnaeidae	9	3	
	Sphaeriidae	24	3	
	Thiaridae	73	3	
6	Viviparidae	3	6	4
	Lymnaeidae	24	3	
	Thiaridae	16	3	
7	Viviparidae	46	6	6

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
8	Lymnaeidae	2	3	3,25
	Tubificidae	9	1	
	Viviparidae	38	6	
	Sphaeriidae	8	3	

B. Hasil Analisa Sampling II

Tabel C.26 Makroinvertebrata Sampling II

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
1	Thiaridae	111	3	3,2
	Sphaeriidae	1	3	
	Sundathelpusidae	1	3	
	Viviparidae	67	6	
	Tubificidae	24	1	
2	Thiaridae	116	3	3,6
	Sphaeriidae	2	3	
	Viviparidae	202	6	
	Elmidae	1	5	
	Tubificidae	4	1	
3	Sphaeriidae	3	3	3,25
	Viviparidae	13	6	
	Thiaridae	104	3	
	Tubificidae	17	1	
4	Thiaridae	20	3	4
	Viviparidae	12	6	
	Sphaeriidae	4	3	
5	Viviparidae	17	6	4
	Lymnaeidae	4	3	
	Thiaridae	22	3	

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
6	Thiaridae	7	3	4
	Viviparidae	8	6	
	Lymnaeidae	15	3	
7	Viviparidae	7	6	3,75
	Planorbidae	3	3	
	Thiaridae	5	3	
	Lymnaeidae	21	3	
8	Thiaridae	44	3	3,6
	Planorbidae	3	3	
	Viviparidae	23	6	
	Lymnaeidae	6	3	
	Sphaeriidae	5	3	

C. Hasil Analisa Sampling III

Tabel C.27 Makroinvertebrata Sampling III

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
1	Anodontidae	1	3	3,6
	Sundathelpusidae	1	3	
	Sphaeriidae	3	3	
	Viviparidae	67	6	
	Thiaridae	526	3	
2	Lymnaeidae	35	3	4
	Thiaridae	126	3	
	Viviparidae	204	6	
3	Corbiculidae	7	3	4
	Viviparidae	18	6	
	Thiaridae	100	3	

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
4	Viviparidae	14	6	4
	Thiaridae	8	3	
	Corbiculidae	1	3	
5	Viviparidae	23	6	4,5
	Thiaridae	4	3	
6	Pilidae	2	3	4
	Viviparidae	15	6	
	Thiaridae	36	3	
7	Viviparidae	11	6	3,75
	Lymnaeidae	23	3	
	Thiaridae	5	3	
	Planorbidae	11	3	
8	Thiaridae	15	3	4
	Viviparidae	7	6	
	Sphaeriidae	3	3	

D. Hasil Analisa Sampling IV

Tabel C.28 Makroinvertebrata Sampling IV

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
1	Anodontidae	1	3	3,75
	Lymnaeidae	6	3	
	Valvatidae	75	6	
	Thiaridae	173	3	
2	Viviparidae	49	6	4,5
	Thiaridae	45	3	
3	Thiaridae	56	3	4
	Sphaeriidae	4	3	
	Viviparidae	28	6	

Titik	Kelompok Makroinvertebrata	Jumlah	Skor	Skor Akhir
4	Thiaridae	12	3	4
	Sphaeriidae	6	3	
	Viviparidae	15	6	
5	Lymnaeidae	4	3	3,75
	Viviparidae	2	6	
	Thiaridae	4	3	
	Planorbidae	2	3	
6	Viviparidae	27	6	4,5
	Thiaridae	5	3	
7	Lymnaeidae	23	3	3,75
	Viviparidae	22	6	
	Thiaridae	3	3	
	Planorbidae	17	3	
8	Viviparidae	10	6	4
	Sphaeriidae	9	3	
	Thiaridae	4	3	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D

Peraturan Baku Mutu Air

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas :

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Temperatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
BOD	mg/L	2	3	6	12	
Total Fosfat	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH ₃

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E

Dokumentasi Penelitian Lapangan

Analisis Laboratorium



Sampling di Lapangan



Identifikasi Makroinvertebrata



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada 17 Desember 1994. Penulis menempuh jenjang pendidikan SD-SMA di Salatiga. Tahun 2001-2007 di SD Marsudirini 77, tahun 2007-2010 di SMP Stella Matutina dan pada tahun 2010-2013 di SMAN 1 Salatiga. Penulis kemudian melanjutkan jenjang pendidikan S1 melalui program SNMPTN undangan dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS pada tahun 2013. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan organisasi mahasiswa. Pada tahun 2014 penulis aktif sebagai *steering committee* kegiatan kaderisasi HMTL FTSP ITS, staff Departemen Kominfo Badan Eksekutif Mahasiswa FTSP ITS dan staff Departemen Kerohanian KMK ITS. Tahun 2015 sebagai anggota Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan, HMTL FTSP ITS. Pada tahun yang sama penulis aktif juga sebagai Kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa KMK ITS dan Kepala Bidang Informasi Departemen Medfo, BEM FTSP ITS. Penulis pernah mengikuti program pertukaran pelajar di Thailand bersama 10 orang delegasi lainnya dari beberapa universitas di Indonesia pada tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis melaksanakan kerja praktik di PT Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore (PT. PHE WMO) Gresik dibagian HSE sebagai inspector yang bertugas untuk memantau transportasi dan penyimpanan limbah B3. Penulis telah mengikuti berbagai pelatihan dan seminar nasional maupun internasional tahun 2013-2017 dalam rangka pengembangan diri. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat dikirim melalui email akristiandita@yahoo.co.id, guna memperbaiki diri untuk kedepannya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"